



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**PRÓ- REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA**  
**MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**ANÁLISE DO DANO MUSCULAR, PICO DE TORQUE, FADIGA E ASSIMETRIA  
EM DIFERENTES MÉTODOS DE TREINO DE FORÇA**

**NATALIE DE ALMEIDA BARROS**

**São Cristóvão**

**2017**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ- REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

ANÁLISE DO DANO MUSCULAR, PICO DE TORQUE, FADIGA E ASSIMETRIA EM  
DIFERENTES MÉTODOS DE TREINO DE FORÇA

NATALIE DE ALMEIDA BARROS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Felipe José Aida Martins

São Cristóvão  
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ- REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

NATALIE DE ALMEIDA BARROS

ANÁLISE DO DANO MUSCULAR, PICO DE TORQUE, FADIGA E  
ASSIMETRIA EM DIFERENTES MÉTODOS DE TREINO DE FORÇA

São Cristóvão  
2017

BARROS/ NATALIE  
DE ALMEIDA

ANÁLISE DO DANO MUSCULAR, PICO DE TORQUE, FADIGA E  
ASSIMETRIA EM DIFERENTES MÉTODOS DE TREINO DE FORÇA

2017

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

B277a      Barros, Natalie de Almeida  
              Análise do dano muscular, pico de torque, fadiga e assimetria  
em diferentes métodos de treino de força/ Natalie de Almeida  
Barros; orientador Felipe José Aidar Martins. – São Cristóvão,  
2016.  
              75 f.: il.

              Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade  
Federal de Sergipe, 2016.

              1. Musculação. 2. Educação Física. 3. Aptidão física. I.  
Martins, Felipe José Aidar, orient. II. Título.

CDU: 796.015.52

NATALIE DE ALMEIDA BARROS

ANÁLISE DO DANO MUSCULAR, PICO DE TORQUE, FADIGA E ASSIMETRIA EM  
DIFERENTES MÉTODOS DE TREINO DE FORÇA

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós Graduação em Educação Física da  
Universidade Federal de Sergipe como  
requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Educação Física

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Orientador: Prof. Dr. Felipe José Aida Martins

---

1º Examinador: Prof. Dr. Afrânio de Andrade Bastos

---

2º Examinador: Prof. Dr. Carlos Otávio Damas Martins

PARECER

---

---

---

---

---

*Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida: meus pais (Dori e Eron) e meu esposo (Bruno)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por ter me sustentado e capacitado para que chegasse até aqui. Obrigada, Senhor! A Ti toda honra e toda glória eternamente.

Agradeço ao meu esposo, Bruno, pelo apoio, cumplicidade, paciência e dedicação. Amo muito você!

Aos meus pais, pelas orações diuturnas e pelo amor incondicional. Amo vocês!

Aos meus irmãos, Adriano e Danille, pelo apoio e incentivo de uma vida inteira.

A Luarinha, que tantas vezes alegrou meu dia e me trouxe uma paz sem tamanho!

A minha vó Deca (*in memoriam*) por suas palavras que tantas vezes fortaleceram a minha fé em Deus!

A tio Ivo e Keka, pelo apoio desde o início dessa jornada.

À tia Tonha, por vibrar com minhas conquistas como se fossem suas.

Aos demais familiares que me apoiaram e oraram por mim.

Ao meu orientador, prof. Felipe Aidar, por ter sido um orientador parceiro, colaborador e incentivador, sempre me encorajando a ir além.

Aos colegas que contribuíram com a execução deste trabalho.

Aos professores Afrânio Bastos, Aldemir Menezes e Marcos Bezerra, pela colaboração e disponibilidade durante todo o curso do mestrado.

Ao prof. Enilton Camargo, Alan, Luana e ao LAFAPI pela colaboração e boa vontade.

Às minhas companheiras de jornada, Samara e Alessandra, por terem sido conforto nos momentos difíceis e principalmente pelas risadas e momentos felizes.

A tia Liu, por ter me acolhido com tanto carinho.

À Luciana, por ter me apoiado antes mesmo da aprovação acontecer.

Aos amigos, pelo incentivo e por terem tornado os meus dias mais leves.

Enfim, a todos que colaboraram de algum modo para que eu chegasse até aqui.

*"A Ciência nos dá conhecimento, mas só Deus dá sentido e significado à nossa existência"*

(Albert Einstein, 1947)



## RESUMO

**Introdução:** O treinamento de força vem ganhando cada vez mais adeptos, devido aos benefícios que tem trazido para a saúde tanto na prevenção quanto no tratamento de diversas patologias. Dentre os diferentes tipos de treinamento de força, destacam-se: o Kaatsu e o treinamento tradicional. Ambos apresentam ganhos no que diz respeito a força e hipertrofia. **Objetivo:** analisar o dano muscular, pico de torque, fadiga e assimetria em diferentes métodos de treino de força. **Métodos:** A amostra do estudo foi composta por 10 indivíduos do sexo masculino, com idade entre 18 e 25 anos, praticantes de treinamento de força há pelo menos 12 meses. Todos foram submetidos a dois tipos de treinamento de força, realizados no aparelho de *Leg Press* 45°. Foi realizada coleta de sangue venoso para análise dos indicadores de dano muscular, antes, imediatamente após, 24 e 48 horas após a realização do treino, bem como coleta de imagens termográficas para análise de assimetria térmica dos membros exercitados. **Resultados:** Os resultados encontrados mostraram que a utilização do método Kaatsu promoveu maior dano muscular, maior índice de fadiga e menor pico de torque imediatamente após o treinamento, em relação ao mesmo momento no método tradicional. As concentrações de CK elevaram-se a 1093U/l no método Kaatsu e a 447,80U/l no método tradicional. Quanto ao pico de torque, este diminuiu após o exercício para 755,38N/m no método Kaatsu e 936,28N/m no método tradicional. Já o índice de fadiga apresentou elevação de 58,28% e 37,30% em relação ao pré treino nos métodos Kaatsu e tradicional, respectivamente. No que diz respeito a termografia, a assimetria encontrada bilateralmente pode ser considerada normal, embora casos isolados devam ser observados com mais atenção, considerando parâmetros descritos na literatura. **Conclusão:** O treinamento com o método Kaatsu promoveu maior dano muscular, maior índice de fadiga e menor pico de torque quando comparado ao método tradicional, embora, tenha apresentado uma recuperação mais rápida. É necessário novas investigações a respeito desses métodos no intuito de tornar a realização desses treinamentos mais segura e eficaz aos praticantes.

**Descritores:** métodos de treino; força muscular, dano muscular.

## ABSTRACT

**Introduction:** Strength training has been gaining more and more followers due to the benefits it has brought to health in both prevention and treatment of various pathologies. Among the different types of strength training, the following stand out: Kaatsu and traditional training. Both have gains in terms of strength gain and hypertrophy. **Aims:** Analyze muscle damage, peak torque, fatigue and asymmetry in different strength training methods. **Methods:** The study sample consisted of 10 males aged between 18 and 25 years old who had been practicing strength training for at least 12 months. All were subjected to two types of strength training, performed in *Leg Press 45 °* apparatus. Venous blood was collected to analyze muscle damage indicators, before, immediately after, 24 and 48 hours after the training, as well as thermographic images collection to analyze the thermal asymmetry of the exercised limbs. **Results:** The results showed that the use of the Kaatsu method promoted greater muscle damage, higher fatigue index and lower torque peak immediately after training, compared to the same time in the traditional method. CK concentrations were 1093U/l in the Kaatsu method and 447,80U / l in the traditional method. As for the peak torque, it decreased after exercise to 755.38N /m in the Kaatsu method and 936, 28N /m in the traditional method. The fatigue index presented an increase of 58.28% and 37.30% in relation to the pre training in the Kaatsu and traditional methods, respectively. Regarding thermography, asymmetry found bilaterally can be considered normal, although isolated cases should be observed with more attention, considering parameters described in the literature. **Conclusion:** Kaatsu method promoted greater muscle damage, higher fatigue index and lower peak torque when compared to the traditional method, although it presented a faster recovery. Further research on these methods is needed to make these trainings safer and more effective for practitioners.

**Keywords:** Training methods; Muscle strength; muscle damage.

## LISTA DE TABELAS

### Estudo 1

<b>Tabela 1-</b>	Pico de torque (PT) e Índice de Fadiga (IF) e dano muscular (CPK, LDH, AST e ALT) (média $\pm$ desvio padrão) em diferentes momentos nos métodos tradicional e com oclusão.	40
<b>Tabela 2-</b>	Lactato, Dor, OMNI, PAS (Pressão Arterial Sistólica), PAD (PA Diastólica), FC (Frequência Cardíaca) (média $\pm$ desvio padrão) antes e após intervenção dos métodos tradicional e com oclusão.	42

### Estudo 2

<b>Tabela 1-</b>	Pico de Torque (PT), Fadiga (IF) e Assimetria Anterior (AssA) e Assimetria Posterior (AssP) (média $\pm$ desvio padrão) em diferentes momentos no método tradicional (T) e oclusão (Kaatsu)	63
------------------	---	----

## LISTA DE FIGURAS

### Estudo 1

<b>Figura 1-</b> Cinética do Índice de Fadiga (IF) no método tradicional e Kaatsu	40
<b>Figura 2-</b> Cinética do Pico de Torque (PT) no método tradicional e Kaatsu	40
<b>Figura 3-</b> Cinética do Lactato Desidrogenase (LDH) no método tradicional e Kaatsu	41
<b>Figura 4-</b> Cinética do Creatinafosfoquinase (CPK) no método tradicional e Kaatsu	41
<b>Figura 5-</b> Cinética do Aspartato Aminotransferase (AST) no método tradicional e Kaatsu	41
<b>Figura 6-</b> Cinética da Alanina Aminotransferase (ALT) no método tradicional e Kaatsu	41

### Estudo 2

<b>Figura 1-</b> Cinética do Índice de Fadiga (IF) no método tradicional e Kaatsu	63
<b>Figura 2-</b> Cinética do Pico de Torque (PT) no método tradicional e Kaatsu	63
<b>Figura 3-</b> Cinética do Creatinafosfoquinase (CPK) no método tradicional e Kaatsu	64
<b>Figura 4-</b> Cinética do Lactato Desidrogenase (LDH) no método tradicional e Kaatsu	64
<b>Figura 5-</b> Método Tradicional: vista anterior através da termografia	64
<b>Figura 6-</b> Método Tradicional: vista posterior através da termografia	64
<b>Figura 7-</b> Método Kaatsu: vista anterior através da termografia	64
<b>Figura 8-</b> Método Kaatsu: vista posterior através da termografia	64

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>13</b>
1.1 O estado da arte .....	14
1.1.1 Método Kaatsu .....	14
1.1.2 Dano Muscular .....	16
1.1.3 Pico de Torque e Fadiga Muscular .....	17
1.1.4 Termografia .....	18
<b>1.2 QUESTÕES DE ESTUDO .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>1.4 OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
1.4.1. Objetivos do estudo 1 .....	20
1.4.2. Objetivos do estudo 2 .....	20
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>21</b>
<b>2 ESTUDOS REALIZADOS .....</b>	<b>27</b>
2.1 Estudo 1 .....	28
2.2 Estudo 2 .....	55
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>71</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

De acordo com Caspersen<sup>[1]</sup> pode-se classificar como atividade física (AF) qualquer movimento que demande gasto energético. Já o exercício físico (EF) é uma subcategoria da AF que envolve movimentos planejados, estruturados e repetitivos com a finalidade de manter ou melhorar um ou mais aspectos do condicionamento físico.

Dentre as inúmeras atividades físicas praticadas, o treinamento de força possui muitos adeptos, visto que este tem se mostrado um grande aliado da saúde tanto na prevenção quanto no tratamento de diversas doenças de origem sistêmica ou não. <sup>[2]</sup> Este tipo de treinamento consiste na realização de exercícios contra resistência, sendo considerado o mais eficiente para aumentar a capacidade contrátil e o volume dos músculos esqueléticos. <sup>[3]</sup>

Em meio aos diversos tipos de treinamento de força, o treinamento com oclusão vascular parcial (Kaatsu Training) que passou a ser consistentemente estudado nos últimos anos no que diz respeito à metodologia, mecanismos, efeitos e aplicabilidade.<sup>[4,5]</sup> Este método consiste em restringir o fluxo sanguíneo e a hipóxia resultante tende a conduzir aos ganhos de massa muscular e de força. <sup>[6]</sup>

O ganho de força é visto por alguns autores como consequência do dano muscular provocado pelo treinamento de força <sup>[7,8]</sup> e diversos são os fatores relacionados a este dano após o exercício, podendo ser atribuído à desorganização estrutural das fibras musculares, danos no sarcolema, túbulos e até mesmo nas miofibrilas. <sup>[9,10]</sup>

Os métodos de investigação de dano muscular podem ser diretos ou indiretos, sendo que os métodos diretos envolvem a realização de ressonância magnética ou análise de amostras dos músculos, enquanto os indiretos podem ser obtidos através dos valores de contração voluntária máxima, resposta subjetiva de dor e análise do sangue para verificação das concentrações de diversos componentes relacionados com dano muscular (enzimas, mioglobina, proteínas). <sup>[7]</sup>

A utilização da análise sanguínea é um dos métodos mais utilizados em estudos, devido a facilidade da coleta e ao seu baixo custo, o que favorece o aumento do número de pesquisas na área bem como ao surgimento de novas estratégias para o controle das variáveis volume e intensidade nos mais diversos métodos do treinamento de força. <sup>[7]</sup>

## 1.1 O Estado da Arte

O treinamento de força é um método antigo, que se popularizou a partir do século XIX, sendo que o primeiro esporte a utilizá-lo com o intuito de melhorar o desempenho dos sujeitos foi o atletismo. Os estudos relacionados ao treinamento de força avançaram muito no período da Segunda Guerra Mundial, durante a qual DeLorme e Watkins desenvolveram um programa de treinamento para combater a atrofia muscular comum na população nessa época. <sup>[11]</sup>

Nesta direção, diversas metodologias de treinamento de força foram criadas por pesquisadores no intuito de obter maiores ganhos no que diz respeito a força e tamanho dos músculos <sup>[12]</sup> e para alcançar tais objetivos seria necessário que o corpo fosse submetido a um estresse alto o suficiente para causar exaustão ao finalizar cada série de exercícios e também ao final da sessão de treinamento, o que segundo a *American College of Sports Medicine (ACSM)* <sup>[13]</sup> correspondia a uma sobrecarga situada entre 70-85% de 1 repetição máxima (RM).

Entretanto, este método de treinamento tende a expor as estruturas corporais a um grande estresse mecânico o que torna seus praticantes altamente vulneráveis a lesões osteomusculares, considerando tanto sujeitos jovens e saudáveis quanto a população de idosos e portadores de alguma condição limitante. Assim, novos métodos de treinamento tem sido evidenciados e dentre eles, destaca-se o método Kaatsu.

Como alternativa ao método tradicional, padronizado pela ACSM, pesquisas evidenciam que o Kaatsu promove ganhos semelhantes no que diz respeito a ganho de força e hipertrofia muscular. <sup>[14,15,16]</sup>

### 1.1.1 O Método Kaatsu

Criado pelo japonês Yoshiaki Sato, em meados da década de 60, o método Kaatsu consiste em executar o exercício com cargas baixas (20-50% de 1-RM) associado a oclusão vascular por uma espécie de manguito pneumático posicionado na região proximal do membro a ser exercitado. <sup>[16]</sup>

As primeiras pesquisas sobre o método Kaatsu, foram publicadas no início da década de 90, e no geral, verificaram que a restrição do fluxo sanguíneo promove uma

alteração a nível metabólico, gerando um acúmulo de metabólitos que leva a uma série de ocorrências simultâneas contribuindo na promoção de um meio propício para a hipertrofia muscular e consequente ganho de força. [17,18]

Assim, muitas pesquisas começaram a ser realizadas no intuito de investigar mais a fundo o Kaatsu, visto que a adesão à prática tinha aumentado e o ganho de hipertrofia e força muscular era real. Desse modo, os estudos analisavam os mecanismos fisiológicos envolvidos, os riscos e a aplicação do método (quanto a duração, volume e intensidade do exercício). [4]

Nos últimos anos, estudos tem demonstrado que a utilização do treinamento de força com cargas baixas associado a restrição de fluxo sanguíneo oferece benefícios aos seus praticantes no que diz respeito a força muscular, hipertrofia, resistência muscular, e *endurance* cardiorrespiratório.[19,20,21,22,23,25,25] O método Kaatsu tem sido utilizado como estratégia na realização de treinamento de força em diversas populações e tem apresentado resultados positivos no que diz respeito ao ganho de força e hipertrofia, o que sugere que este método de treinamento pode ser considerado de grande potencial além de ser uma modalidade vantajosa, segura e útil. [26]

Segundo estudos de Loenneke *et al.* [15,16], o método Kaatsu tende a apresentar resultados similares aos treinamentos realizados com alta intensidade. Embora os mecanismos relacionados ao método Kaatsu não estejam tão esclarecidos quanto o treinamento tradicional, algumas pesquisas vem apresentando diversas hipóteses a fim de explicar as adaptações que ocorrem mas até então não há uma resposta clara a respeito dos mecanismos responsáveis por essas mudanças.

Alguns estudiosos sustentam a hipótese de que a restrição do fluxo sanguíneo induz os ganhos de força e hipertrofia<sup>[16]</sup> e está baseada no fato de que a hipóxia local e a diminuição do retorno venoso gerada pela oclusão, levam a um acúmulo de metabólitos no tecido muscular em uso, estando esses eventos diretamente relacionados com a ativação dos mecanismos envolvidos na resposta adaptativa do músculo ao treinamento. [27]

Os principais mecanismos relacionados a resposta adaptativa são a tensão mecânica e o estresse metabólico que desencadeiam as adaptações neuromusculares. [28,29] No que tange ao estresse metabólico, estudos tem evidenciado que este é considerado determinante para a ativação das respostas adaptativas.



Quando se trata de treinamento de baixa intensidade associado a restrição de fluxo sanguíneo, pesquisas tem mostrado que este oferece maior estresse metabólico verificado pela elevação nos níveis de lactato pós treino <sup>[30]</sup> e também pelo aumento do fosfato inorgânico. <sup>[31]</sup>

O estresse metabólico pode ser considerado o principal meio de incremento da hipertrofia e força muscular no treinamento com restrição vascular visto que o estresse mecânico gerado pelo músculo não é significativo, embora ambos tendam a trabalhar juntos no sentido de ativar os mecanismos secundários relacionados a adaptação muscular. <sup>[27]</sup>

Considerado um possível mecanismo secundário, o recrutamento de fibras musculares do tipo II (de contração rápida), ocorre como resultado da associação entre o estresse metabólico e mecânico gerado pelo treinamento com restrição de fluxo sanguíneo<sup>[32]</sup> considerando que, embora esse tipo de fibra fosse recrutada em exercícios de alta intensidade, a hipóxia e o acúmulo de metabólitos no músculo causado pelo treinamento com restrição do fluxo sanguíneo tinham a tendência de promover maior recrutamento das fibras de contração rápida.

Estudos apontam que o treinamento de força tanto de alta intensidade quanto de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo levam a um aumento do estresse metabólico e mecânico e estes, por sua vez, desencadeavam o dano muscular. <sup>[32,33,34,35,36]</sup>

### **1.1.2 Dano Muscular**

Os métodos de investigação de dano muscular podem ser diretos ou indiretos sendo que os primeiros, envolvem realização de ressonância magnética ou biópsia do tecido muscular. Já o segundo, pode ser obtido através dos valores de contração voluntária máxima, resposta subjetiva de dor e análise das enzimas plasmáticas sendo este segundo, o método mais utilizado em estudos, devido a facilidade da coleta e ao seu baixo custo, o que favorece ao aumento do número de pesquisas na área. <sup>[7,8]</sup>

Dentre as enzimas plasmáticas, a creatina quinase (CK) possui maior especificidade no diagnóstico do dano muscular, por meio indireto. A alta porcentagem de CK no tecido muscular e a sua liberação na corrente sanguínea após micro lesões nas fibras musculares pode explicar o seu destaque em pesquisas que avaliam o dano

muscular. [37,38,39] A sua alta concentração após treinamento de força pode estar relacionada ao fato de que este danifica a estrutura celular do tecido muscular, especificamente sarcolema e discos Z, alterando a permeabilidade da membrana e assim essas enzimas devem ser liberadas. [40, 41,42]

Além da CK, ainda há outras enzimas também relacionadas ao dano muscular como por exemplo, o lactato desidrogenase (LDH), a alanina aminotransferase (ALT) e o aspartato aminotransferase (AST). A atividade sérica dessas enzimas é considerada um bom indicador da função muscular em condições fisiológicas e patológicas, sendo que seu aumento pode estar relacionado a necrose ou dano tecidual [43]

Como consequência da elevação nos níveis dessas enzimas na corrente sanguínea, alguns autores identificaram, por exemplo, que as altas concentrações de CK estavam relacionadas ao aumento da magnitude da percepção de dor entre 24 e 48h após o treinamento. [7,44,45,46]

### **1.1.3 Pico de Torque e Índice de Fadiga**

A fadiga muscular é caracterizada pela diminuição da produção de força muscular voluntária, redução na velocidade de contração e diminuição no tempo de resposta de contração e relaxamento muscular [47,48] sendo considerada um bom indicador de dano muscular, sendo que o acúmulo de metabólitos e a diminuição do aporte sanguíneo são alguns dos fatores relacionados à sua ocorrência no exercício. [49,50,51,52]

Inversamente relacionado a fadiga, tem-se o pico de torque, que é caracterizado pela força máxima produzida durante uma contração muscular, e que em condições de fadiga, sofre uma queda associada a redução da velocidade máxima do movimento e dos níveis de força em velocidades submáximas. [53]

As condições apresentadas acima podem ser notadas em consequência da utilização do método Kaatsu em que a oclusão vascular provoca a restrição do fluxo sanguíneo. Essa isquemia tendem a levar as fibras de contração lenta a fadigarem mais rápido e as fibras de contração rápida serem recrutadas mesmo em exercícios de baixa intensidade, como descrito em alguns estudos. [54,55]

#### 1.1.4 Termografia

Já é sabido que os danos provocados pelo exercício físico na musculatura induz a inflamação, em decorrência de diversas alterações como: vasodilatação local, migração de substâncias (fluidos, proteínas plasmáticas e leucócitos) para a região, aumento do fluxo sanguíneo local, dentre outras. [56,57] O processo inflamatório apresenta sinais tais como o calor, hiperemia e dor [58] e pode ser mensurado subjetivamente pela observação desses sinais ou de maneira objetiva através da captura de imagem termográfica. [59,60,61]

A termografia, por meio de raios infravermelhos detecta alterações na temperatura da pele e teve suas primeiras descrições feitas em 1800 por William Marschell. A sua utilização na medicina tem sido considerada vantajosa pois trata-se de um método rápido, seguro, indolor, de grande sensibilidade e relativo baixo custo. [60,62,63,64,65,66]

Nos últimos anos, a imagem termográfica vem sendo muito utilizada, auxiliando na detecção de alterações e na obtenção de diagnóstico em diversas situações, como por exemplo: lesões musculares por exercício, casos de LER/DORT, prevenção, identificação e rastreamento de lesões em atletas. [59,67,68,69,70]

Os estudos de Al-Nakhli *et al.* [69] e Bandeira *et al.* [59] em que foram realizados protocolos de treinamento de força de alta intensidade, detectaram que a utilização da imagem termográfica tem se apresentado como um bom indicador de lesão muscular precoce. Também em 2012, Carmona avaliou a aplicabilidade da imagem termográfica na prevenção de lesões no futebol e concluiu que sua utilização pode reduzir a incidência de lesões no grupo estudado. [71]

No corpo humano, a pele apresenta uma pequena diferença de temperatura em ambos os lados, este valor encontra-se em torno de até 0,2°C, considerando que o controle da radiação cutânea atinge ambos os lados do corpo de maneira uniforme, uma pessoa aparentemente saudável tende a possuir simetria térmica entre os lados direito e esquerdo do corpo. [72,73,74]

Em casos de alterações funcionais no organismo, o sujeito tende a apresentar assimetria térmica, ou seja, diferença de temperatura entre os lados direito e esquerdo do corpo. Na avaliação da imagem termográfica, as regiões que apresentam aumento de vascularização são detectadas como pontos quentes (*hot spots*) que por sua vez são indicativos de maior circulação sanguínea local, resultante de processos

inflamatórios. Em contrapartida, as regiões em que a circulação sanguínea encontra-se diminuída são representadas na imagem termográfica como pontos frios (*cold spots*).<sup>[75]</sup>

Diante do exposto e considerando a escassez de estudos que investigam os diferentes tipos de treinamento de força relacionados aos marcadores de dano muscular e força muscular, a realização do presente estudo justifica-se pela importância de se conhecer os efeitos de cada um deles sobre as enzimas plasmáticas (CK, LDH, AST, ALT), pico de torque, índice de fadiga e assimetria.

## **1.2 Questões de Estudo**

Os problemas que a presente dissertação almeja elucidar são os seguintes:

- 1) O método tradicional e o Kaatsu apresentam diferenças quanto ao dano muscular?
- 2) O método tradicional e o Kaatsu apresentam diferenças quanto ao pico de torque e índice de fadiga?
- 3) O método tradicional e o Kaatsu apresentam diferenças quanto a assimetria térmica?

## **1.3 Organização da Dissertação**

O interesse em organizar este trabalho visa a investigação e oferecer respostas que poderão melhorar a avaliação dos diferentes tipos de treinamento de força sobre o dano muscular, fadiga, pico de torque e termografia.

Considerando a quantidade de dados recolhidos, o número de variáveis em estudo e, sobretudo, a diversidade das questões acima indicadas, optou-se por apresentar, nesta dissertação, dois estudos, que no seu conjunto permitem dar resposta às questões.

O estudo “1” intitulado “Análise do dano muscular, fadiga e pico de torque no treino tradicional e com oclusão”, pretende responder as questões 1 e 2

O estudo “2”, intitulado “Análise termográfica, fadiga e pico de torque no treinamento tradicional e com oclusão vascular”, pretende responder às questões 2 e 3.

Assim, no capítulo dois são descritos os estudos realizados. Cada estudo encontra-se dividido nas seções tradicionais do formato de artigo (Resumo, Introdução, Métodos, Resultados e Discussão).

Por último, nesta dissertação são apresentadas as conclusões finais, procurando dar resposta às questões em estudo, sugerindo implicações práticas e novas linhas de investigação.

## **1.4 Objetivos**

Para melhor visualização, o objetivo geral deste estudo foi avaliar a resposta de dano muscular, fadiga, pico de torque e assimetria térmica em diferentes tipos de treinamento de força. Porém os objetivos específicos estão assim definidos:

**1.4.1. ESTUDO 1:** Análise do dano muscular, fadiga e pico de torque no treino tradicional e com oclusão.

- a) Analisar a resposta de dano muscular em praticantes de treinamento de força tradicional e com restrição do fluxo sanguíneo (Kaatsu);
- b) Analisar a resposta do pico de torque e índice de fadiga no treinamento de força tradicional e com restrição do fluxo sanguíneo (Kaatsu);
- c) Comparar os resultados encontrados em ambos os tipos de treinamento.

**1.4.2. ESTUDO 2:** Análise termográfica, fadiga e pico de torque no treinamento tradicional e com oclusão vascular.

- a) Analisar a resposta de dano muscular, pico de torque e índice de fadiga em praticantes de treinamento de força tradicional e com restrição do fluxo sanguíneo (Kaatsu);
- b) Analisar a assimetria através da termografia no treinamento de força tradicional e com restrição do fluxo sanguíneo (Kaatsu);
- c) Comparar os resultados encontrados em ambos os tipos de treinamento.

## REFERÊNCIAS

- 1- Caspersen, C.J., Powell, K.E., Christenson, G.M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*. 1985; 100(2), 126- 131.
- 2- da Silva Filho, JN. Treinamento de força e seus benefícios voltados para um emagrecimento saudável. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFX)*. 2013; 7(40), 329-338.
- 3- Santarém, JM. Treinamento de força e potência. Ghorayeb N. e Barros TL O Exercício. 1999; 1ª ed. Cap, 4, 35-50.
- 4- Sato, Y. The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research*. 2005; 1(1), 1-5.
- 5- Takada, S., Okita, K., Suga, T., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Sato, T., et al. Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. *Journal of applied physiology*. 2012; 113(2), 199-205.
- 6- Abe, T., Kearns, C.F., Sato, Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *Journal of Applied Physiology*. 2006; 100(5), 1460-1466.
- 7- Clarkson, P.M., Hubal, M.J. Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2002; 81(11), S52-S69.
- 8- Raastad, T., Risøy, B.A., Benestad, H.B., Fjeld, J.G., Hallén, J. Temporal relation between leukocyte accumulation in muscles and halted recovery 10–20 h after strength exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2003; 95(6), 2503-2509.
- 9- Clarkson, P.M., Newham, D.J. Association between muscle soreness, damage, and fatigue. In: *Advances in Experimental Medicine and Biology - Fatigue*. 384. Ed. Gandevia, S.C. et al. 1995; 457-469.
- 10- Frieden J, Lieber RL. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Medicine Science Sports Exercise* 1991; 24(5):521-530
- 11- Kraemer, W. J., Häkkinen, K. Treinamento de força para o esporte. 1ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- 12- Maior, A.S., Alves, A. A contribuição dos fatores neurais em fases iniciais do treinamento de força muscular: uma revisão bibliográfica. *Motriz*. 2003; 9(3), 161-8.
- 13- American College of Sports Medicine. Position stand. Progression models in resistant training for healthy adults. *Medicine Science Sports Exercise*. 2002; 34:2: 364-80

- 14- Takarada, Y., Takazawa, H., Ishii, N. Applications of vascular occlusions diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32(12), 2035-2039.
- 15- Loenneke, JP., Balapur, A., Thrower, AD., Barnes, JT., Pujol, TJ. The perceptual responses to occluded exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 2011; 32(03), 181-184.
- 16- Loenneke, JP., Wilson, GJ., Wilson, JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International Journal of Sports Medicine*. 2010; 31(01), 1-4.
- 17- Moritani, T., Sherman, WM., Shibata, M., Matsumoto, T., Shinohara, M. Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1992; 64(6), 552-556.
- 18- Sundberg, CJ. Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*. 1993; 615, 1-50.
- 19- Abe, T., Fujita, S., Nakajima, T., Sakamaki, M., Ozaki, H., Ogasawara, R., *et al.* Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO<sub>2</sub>max in young men. *Journal Sports Science Medicine*. 2010; 9(3), 452-8.
- 20- Gil, AL., Neto, GR., Sousa, MS., Dias, I., Vianna, J., Nunes, RA., Novaes, JS. Effect of strength training with blood flow restriction on muscle power and submaximal strength in eumenorrheic women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2015.
- 21- Kacin, A., Strazar, K. Frequent low-load ischemic resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2011; 21(6), e231-e241.
- 22- Laurentino, GC., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, MS., Soares, AG., Neves Jr, M., *et al.* Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine Science Sports Exercise*. 2012; 44(3), 406-12.
- 23- Park, S., Kim, JK., Choi, HM., Kim, HG., Beekley, MD., Nho, H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 2010; 109(4), 591-600.
- 24- Silva, J., Neto, GR., Freitas, E., Neto, E., Batista, G., Torres, M., do Socorro Sousa, M. Chronic effect of strength training with blood flow restriction on muscular strength among women with osteoporosis. *Journal Exercise Physiology Online*. 2015; 18, 33-41.
- 25- Takarada, Y., Sato, Y., Ishii, N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 2002; 86(4), 308-314.
- 26- Wernbom, M., Augustsson, J., & Raastad, T. Ischemic strength training: a low-load alternative to heavy resistance exercise?. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2008; 18(4), 401-416.

- 27- Pearson, S.J., Hussain, S.R. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine*. 2015; 45(2), 187-200.
- 28- Schoenfeld, B. J. Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports medicine*. 2013; 43(3), 179-194.
- 29- Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., Takamatsu, KAORU. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37(6), 955-63.
- 30- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., Ishii, N. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology*. 2000; 88(1), 61-65.
- 31- Takada, S., Okita, K., Suga, T., Omokawa, M., Kadoguchi, T., Sato, T., *et al*. Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. *Journal of applied physiology*. 2012; 113(2), 199-205.
- 32- Cook, S.B., Murphy, B.G., Labarbera, K.E. Neuromuscular function after a bout of low-load blood flow-restricted exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2013; 45(1), 67-74.
- 33- Goldspink, G. Cellular and molecular aspects of muscle growth, adaptation and ageing. *Gerodontology*. 1988; 15(1), 35-43.
- 34- Umbel, J.D., Hoffman, R.L., Dearth, D.J., Chleboun, G.S., Manini, T.M., Clark, B.C. Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flow-restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 2009; 107(6), 687-695
- 35- Thiebaud, R. S., Yasuda, T., Loenneke, J. P., Abe, T. Effects of low-intensity concentric and eccentric exercise combined with blood flow restriction on indices of exercise-induced muscle damage. *Interventional Medicine and Applied Science*. 2013; 5(2), 53-59.
- 36- Thiebaud, R., Loenneke, J.P., Fahs, C.A., Kim, D., Ye, X., Abe, T. *et al*. Muscle damage after low-intensity eccentric contractions with blood flow restriction. *Acta Physiologica Hungarica*. 2014; 101(2), 150-157.
- 37- Brancaccio, P., Limongelli, F.M., Maffulli, N. Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sports Medicine*. 2006; 40(2), 96-97.
- 38- Ehlers, G.G., Ball, T.E., Liston, L. Creatine kinase levels are elevated during 2-a-day practices in collegiate football players. *Journal of athletic training*. 2002; 37(2), 151.
- 39- Ferri, A., Narici, M., Grassi, B., Pousson, M. Neuromuscular recovery after a strength training session in elderly people. *European Journal of Applied Physiology*. 2006; 97(3), 272-279.
- 40- Brancaccio, P., Maffulli, N., Limongelli, F.M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*. 2007; 81(1), 209-230.



- 41- Foschini, D., Prestes, J., Charro, MA. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 2007; 9(1), 101-106.
- 42- Nosaka, KI., Newton, M. Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2002; 34(1), 63-69.
- 43- Szumilak, D., Sułowicz, W., Walatek, B. Rhabdomyolysis: clinical features, causes, complications and treatment. *Przegląd lekarski*. 1997; 55(5), 274-279.
- 44- Clarkson, P. M., Tremblay, I. Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *Journal of Applied Physiology*. 1988; 65(1), 1-6.
- 45- Saxton, J. M., Donnelly, A. E. Light concentric exercise during recovery from exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*. 1995; 16(06), 347-351.
- 46- Nosaka, K., Newton, M., Sacco, P., Chapman, D., & Lavender, A. (2005). Partial protection against muscle damage by eccentric actions at short muscle lengths. *Medicine Science Sports Exercise*. 2005; 37(5), 746-53.
- 47- Allen, DG. Skeletal muscle function: role of ionic changes in fatigue, damage and disease. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2004; 31(8), 485-493.
- 48- Green, HJ. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of sports sciences*. 1997; 15(3), 247-256.
- 49- Kadi, F., Charifi, N., Denis, C., Lexell, J., Andersen, J. L., Schjerling, P., *et al.* The behaviour of satellite cells in response to exercise: what have we learned from human studies? *Pflügers Archiv*. 2005; 451(2), 319-327.
- 50- Allen, DG., Lamb, GD., Westerblad, H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological reviews*. 2008; 88(1), 287-332.
- 51- Jacobs, I., Kaiser, P., Tesch, P. Muscle strength and fatigue after selective glycogen depletion in human skeletal muscle fibers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1981; 46(1), 47-53.
- 52- Tanimoto, M., Madarame, H., Ishii, N. Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between "KAATSU" and other types of regimen. *International Journal of KAATSU Training Research*. 2005; 1(2), 51-56.
- 53- Duarte, JAR., Soares, JMC. (1991). Etiologia da fadiga muscular: alguns factores condicionantes. *Revista Portuguesa de Medicina do Desporto*. 1991; 9, 165-174.
- 54- Meyer, RA. Does blood flow restriction enhance hypertrophic signaling in skeletal muscle? *Journal of Applied Physiology*. 2006; 100(5), 1443-1444.

- 55- Moritani, T., Sherman, WM., Shibata, M., Matsumoto, T., Shinohara, M. Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1992; 64(6), 552-556.
- 56- Guyton, AC., Hall, JE., *Tratado de fisiologia médica*. 2006; Elsevier Brasil, Rio de Janeiro
- 57- Tricoli, V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. *Revista Brasileira Ciência e Movimento*. Brasília. 2001; v, 9(2), 39-44
- 58- Safran, MR., McKEAG, DB., Van Camp, SP., do Nascimento, FG., de Paula Gonçalves, *Manual de Medicina Esportiva*. São Paulo: Manole, 2002.
- 59- Bandeira, F., Moura, MAMD, Souza, MAD., Nohama, P., Neves, EB. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2012; 18(4), 246-251.
- 60- Brioschi, ML., Yeng, LT., Teixeira, MJ. Diagnóstico avançado em dor por imagem infravermelha e outras aplicações. *Prática Hospitalar*. 2007; 50(1), 93-8.
- 61- Neves, EB., Bandeira, F., Ulbricht, L., Vilaça-Alves, J., Reis, VM. Influence of muscle cross-sectional area in skin temperature. *BIOIMAGING*. 2015; 64-8.
- 62- Carvalho, ARD., Medeiros, D. L. D., Souza, FTD., Paula, GFD., Barbosa, PM., Vasconcellos, PRO., *et al.* Variação de temperatura do músculo quadríceps femoral exposto a duas modalidades de crioterapia por meio de termografia. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2012; 18(2), 109-111.
- 63- Hildebrandt, C., Zeilberger, K., Ring, EFJ., Raschner, C. The application of medical infrared thermography in sports medicine. 2012; INTECH Open Access Publisher.
- 64- Jones, BF., Plassmann, P. Digital infrared thermal imaging of human skin. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*. 2002; 21(6), 41-48.
- 65- Lahiri, BB., Bagavathiappan, S., Jayakumar, T., Philip, J. Medical applications of infrared thermography: a review. *Infrared Physics & Technology*. 2012; 55(4), 221-235.
- 66- Tan, JH., Ng, EYK., Acharya, UR., Chee, C. Infrared thermography on ocular surface temperature: a review. *Infrared Physics & Technology*. 2009; 52(4), 97-108.
- 67- Brioschi, M. L., Cherem, AJ., Ruiz, RC., Sardá Júnior, JJ., Silva, FMRM. O uso da termografia infravermelha na avaliação do retorno ao trabalho em programa de reabilitação ampliado (PRA). *Acta fisiátrica*. 2009; 16(2).
- 68- Magas, V., Neves, EB., Moura, MAM., Nohama, P. Avaliação da aplicação da termografia no diagnóstico de Tendinite de punho por LER/DORT. Curitiba: PUCPR. 2014.
- 69- Al-Nakhli, HH., Petrofsky, JS., Laymon, MS., Arai, D., Holland, K., Berk, L. S. The use of thermal infrared imaging to assess the efficacy of a therapeutic exercise

program in individuals with diabetes. *Diabetes technology & therapeutics*. 2012; 14(2), 159-167.

70- Sands, WA., McNeal, JR., Stone, MH. Thermal imaging and gymnastics injuries: a means of screening and injury identification. *Science of Gymnastics Journal*. 2011; 3(2), 5-12.

71- Carmona PMG. Influencia de la información termográfica infrarroja en el protocolo de prevención de lesiones de un equipo de fútbol profesional español. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2012

72- Brioschi, ML.; Abramavicus, S.; Corrêa, CF. Valor da imagem infravermelha na avaliação da dor. *Rev Soc Bras Estudo da Dor*. 2005; v. 6, n. 1, p. 514-524.

73- Vollmer, M., Möllmann, KP. *Infrared thermal imaging: fundamentals, research and applications*. 2010; John Wiley & Sons.

74- Uematsu, S., Edwin, DH., Jankel, WR., Kozikowski, J., Trattner, M. Quantification of thermal asymmetry: Part 1: Normal values and reproducibility. *Journal of Neurosurgery*. 1988; 69(4), 552–555.

75- Renkielska, A., Nowakowski, A., Kaczmarek, M., Ruminski, J. Burn depths evaluation based on active dynamic IR thermal imaging--a preliminary study. *Burns*. 2006; 32(7), 867-875.

## 2 ESTUDOS REALIZADOS

**2.1 ESTUDO 1** - Natalie de Almeida Barros, Felipe J Aida, Albená Nunes da Silva, Raphael Fabricio de Souza, Alan Santos de Oliveira, Luana Mendonça Cercato, Dihogo de Matos Gama, Victor Machado Reis, Nuno Domingos Garrido, Enilton Aparecido Camargo. (2017) Análise do dano muscular, fadiga e pico de torque no treino tradicional e com oclusão. *Motricidade* 13(Supl 1):XX-XX (Aceito para Publicação, Extrato B1) (Carta em anexo A)

## **2.1 ESTUDO 1:**

### **ANÁLISE DO DANO MUSCULAR, FADIGA E PICO DE TORQUE NO TREINO TRADICIONAL E COM OCLUSÃO.**

#### **RESUMO**

Este estudo teve como objetivo investigar as variáveis relacionadas aos marcadores de dano e força muscular nos treinamentos de força tradicional e com oclusão vascular (Kaatsu). Participaram da pesquisa 10 sujeitos do sexo masculino (18 a 25 anos) praticantes de treinamento de força recreacional a pelo menos 12 meses. Foram obtidos dados referentes ao dano muscular, pico de torque (PT) e índice de fadiga (IF) por meio de coleta de sangue e testes realizados antes, imediatamente após, 24 e 48 horas após a realização de ambos os treinamentos. Os resultados desse estudo revelaram que o método Kaatsu apresentou, em relação ao método tradicional, maior queda no PT e maior elevação no IF imediatamente após o treinamento, porém apresentou uma recuperação mais rápida, retornando a valores próximos aos do pré teste em 24 horas. Em relação a creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH), a cinética de ambos foi semelhante em ambos os métodos, embora a recuperação também tenha sido mais rápida no Kaatsu. O método Kaatsu apresentou melhor resposta a sessão de treinamento, porém faz-se necessário novas investigações relacionadas as variáveis citadas para que a intervenção com a utilização desse método, seja norteadada de modo garantir sua eficácia e segurança.

*Palavras-chave:* Kaatsu, treinamento de força, fadiga

**ABSTRACT**

This study aimed to investigate the variables related to damage and muscle strength markers in traditional strength training and with vascular occlusion (Kaatsu). Sixteen male subjects (18 to 25 years old) practicing recreational strength training for at least 12 months participated in the study. Muscle damage, peak torque (PT) and fatigue index (FI) data were obtained by means of blood collection and tests performed before, immediately after, 24 and 48 hours after both training sessions. The results of this study revealed that the Kaatsu method showed a higher drop in PT and a higher increase in the FI immediately after training, but it presented a faster recovery, returning to values close to those of the pretest, in 24 hours. Regarding creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH), the kinetics of both were similar in both methods, although recovery was also faster in Kaatsu. The Kaatsu method presented a better response to the training session, but it is necessary to carry out new investigations related to the mentioned variables so that the intervention with the use of this method is guided in a way to guarantee its effectiveness and safety.

Keywords: Kaatsu, strength training, fatigue

## INTRODUÇÃO

Trabalho científicos recentes tem demonstrado que a pratica do treinamento de força (TF) é um eficiente meio para aumento da capacidade contrátil e hipertrofia muscular (aumento do volume) (Santarém, 1999). Juntamente com o crescimento de trabalhos científicos que investiguem esta área, percebe-se também um aumento na adesão a esta modalidade que está associada ao fato de trazer efeitos positivos na promoção da saúde, na prevenção e no tratamento de diversas doenças de origem sistêmica ou não (Silva Filho, 2013), além de oferecer benefícios aos seus praticantes, tais como: aumento da força muscular, potência, agilidade e resistência localizada, além de alterações na composição corporal, especialmente no ganho de massa magra e óssea e perda de massa gorda (ACSM, 2002; Humburg *et al.*, 2007; Fleck, 1988).

Como alternativa à pratica do TF tradicional em que os exercícios são realizados com uma carga média de 70% de 1RM (ACSM, 2002), estudos vem destacando o método Kaatsu, criado pelo japonês Yoshiaki Sato na década de 60, que consiste na realização de exercícios com intensidades reduzidas (20% de 1RM) associados à oclusão vascular parcial do membro exercitado através de uma espécie de garrote posicionado na extremidade proximal da região a ser exercitada (membros superiores ou inferiores) (Sato, 2005; Takada *et al.*, 2012; Abe *et al.*, 2006).

De acordo com alguns autores, as respostas de ganho de força e hipertrofia são semelhantes em ambos os métodos (Takarada *et al.*, 2000; Takarada *et al.*, 2002; Karabulut *et al.*, 2007; Kubo *et al.*, 2006; Laurentino *et al.*, 2012; Martín- Hernandez *et al.*, 2013).

Pesquisas apontam a hipertrofia como uma consequência do dano muscular (DM) provocado pelo TF (Clarkson; Hubal, 2002; Raastad *et al.*, 2003), sendo que a investigação do DM é realizada indiretamente por meio da análise do sangue para verificação de diversos componentes, bem como através de valores de contração voluntária máxima, resposta subjetiva da dor, dentre outros fatores (Clarkson; Hubal, 2002).

Considerando o ainda escasso número de estudos que investigam as variáveis relacionadas aos marcadores de dano e força muscular nos treinamentos de força tradicional e Kaatsu, o presente estudo teve como objetivo verificar, analisar essas variáveis e compará-las.



## MÉTODOS

### Amostra

Participaram do estudo inicialmente 16 sujeitos, finalizando o estudo 10 sujeitos, todos do sexo masculino com experiência mínima de 12 meses na prática de treino de força recreacional, com idade compreendida entre 18 e 25 anos de idade ( $22,50 \pm 2,84$ ), altura  $1,77 \pm 0,05$  m, peso de  $75,45 \pm 6,86$ , e porcentagem de gordura (%G)  $14,45 \pm 3,36$ , sendo que todos foram submetidos aos dois métodos de treinamento de força: o método de oclusão (Kaatsu) e ao método Tradicional (Tradicional). Os sujeitos participaram de todos os testes, sendo definida através de sorteio a ordem em que foram realizados cada teste.

Foram excluídos da amostra os sujeitos que estavam fazendo uso de algum tipo de recurso ergogênico ou envolvidos em qualquer processo de perda de peso rápida antes da intervenção, porque esta prática poderia afetar negativamente a performance física, sendo estes fatos confirmados por meio de entrevista. A participação no estudo foi condicionada a uma autorização médica, sendo aceitos somente sujeitos clinicamente saudáveis.

Todos os sujeitos foram submetidos a quatro sessões de familiarização/teste com intervalo mínimo de descanso entre as sessões de 72 horas. Todos foram esclarecidos sobre o estudo, e assinaram o termo de autorização (livre, esclarecido e consentido) de acordo com a resolução 466/2012 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, do Conselho Nacional de Saúde, em concordância com os princípios éticos expressos na Declaração de Helsinki (1964, reformulada em 1975, 1983, 1989, 1996, 2000 e 2008), da World Medical Association.

### Instrumentos

#### **Musculação**

O equipamento utilizado nos testes foi o *Leg Press 45°*, da marca Physicus (Physicus, Brasil). A determinação do descanso entre as séries foi feita por um cronômetro da marca Casio, modelo HS 50 W (Casio, Japão). Para a determinação do tempo utilizado na fase concêntrica e excêntrica dos movimentos foi utilizado um metrônomo da marca Willner (Isny, Alemanha). Para a oclusão vascular foi utilizado um torniquete pneumático para hemostasia em extremidades, do tipo clássico, da marca Riester (Riester, Alemanha).

### ***Avaliação da Massa corporal, estatura e gordura corporal***

Na aferição da massa corporal foi utilizada uma balança de plataforma digital Fillizola 2002 (Filizola, Brasil), calibrada, graduada de zero a 150 kg e com precisão de 0.1 kg, para aferir o peso em quilogramas (Kg).

A medida da estatura foi feita em triplicata, para o cálculo do valor médio, utilizando um estadiômetro compacto, tipo trena, modelo ES 2040 (Sanny, Brasil), fixado à parede, com capacidade de 2 m e precisão de 0.1cm (Picon *et al.*, 2007; Jellife, 1966; Giugliano; Melo, 2004).

Para a aferição da densidade corporal (%G), foi utilizado um adipômetro científico da marca Sanny® (Sanny, Brasil). A densidade corporal foi obtida pelas equações quadráticas de três dobras cutâneas de Jackson e Pollock (1978) para homens, seguidas pela equação de Siri (1956) para estimativa da porcentagem de gordura corporal.

### ***Dano Muscular***

Como indicadores de dano muscular foram utilizadas as concentrações séricas de enzimas creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT)

Para tal, amostras de sangue (8ml), foram extraídas na veia da fossa antecubital antes, imediatamente após, 24h e 48h após a intervenção e foram depositados em tubos contendo gel coagulante (Vacuette®, Greiner Bio-one, Brasil), em seguida o sangue coletado foi centrifugado para que houvesse a separação do soro.

Para a realização da análise das amostras de sangue, foram utilizados os kits comerciais (Labtest®, Santa Lagoa, Minas Gerais, Brasil) em que o plasma de cada sujeito foi homogeneizado em reagentes específicos a 37°C e a leitura foi realizada num espectrofotômetro (Bioespectro Model SP-22 UV/Visible, Minas Gerais- Brasil) com comprimento de onda de 340nm.

### ***Lactato***

A coleta de sangue para verificação do lactato sanguíneo foi realizada com aparelho eletroquímico da marca Accu-Check (Roche, Brasil) e fitas reagentes BM-Lactate, sendo coletado imediatamente após a sessão de treinamento.

### ***Medidas de força***

As medidas Pico de torque (PT) e Índice de Fadiga (IF) foram determinadas por uma célula de carga da marca Kratos, modelo CZC500 (Kratus, Brasil) que foi fixada no aparelho *Leg Press 45°*, através do uso de mosquetões modelo Spider HMS Simond (Chamonix, França) com carga de ruptura de 21 KN, aprovados para escalada pela Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA) como demonstrado por Bento *et al.*, (2010).

Uma corrente de aço com dimensões de 10x35x30 mm, com carga de ruptura de 2.300 Kg foi utilizada para fixar a célula de força ao aparelho. A distância perpendicular entre a célula de carga e o centro da articulação foi determinada e usado para calcular torques articulares e índice de fadiga adaptado do procedimento realizado por Bento *et al.*(2010).

### ***Percepção de dor (VAS)***

Os atletas indicaram a percepção de dor através da escala analógica visual da dor (VAS), que se caracteriza por uma escala horizontal de 10 cm na qual, 0 representa ausência de dor, 1 a 3 representa dor de fraca intensidade, 4 a 6 representa dor de intensidade moderada, 7 a 9 representa dor de forte intensidade e 10 representa dor de intensidade insuportável, conforme metodologia descrita por Carvalho e Kowacs (2006).

### ***Percepção de esforço (OMNI)***

Foi utilizada, para segurança das atividades, a Escala de Percepção Subjetiva de Esforço de OMNI, de acordo com o procedimento adotado por Lagally e Robertson (2006) e Gearhart *et al.* (2009).

### ***Mensuração da frequência cardíaca (FC)***

Para avaliar a frequência cardíaca foi utilizado um monitor cardíaco de marca Polar Listen To Your Body (Polar Eletro Ou, Finlândia).

### ***Pressão Arterial (PA)***

Para a aferição da pressão arterial foi utilizado um aparelho esfigmomanômetro aneróide (Tycos, USA) e um estetoscópio (Littmann Quality, Alemanha).

## Procedimentos

Os avaliados foram submetidos a quatro sessões de familiarização antes do teste, sendo duas para a determinação da carga e duas para familiarização com os métodos de treinamento. As coletas foram realizadas entre as 13:00 às 18:00 horas, de acordo com a disponibilidade dos sujeitos.

As atividades foram compostas por um aquecimento de 10 a 15 minutos com cerca de 50% da carga referente a 10 RM, sendo composta de duas séries de 15 a 20 repetições do exercício no *Leg Press 45°* da marca Physicus (Physicus, Brasil) (Baechle e Groves 1998). Para o teste para determinação das 10 RM os indivíduos realizaram, três séries de 8-12 repetições (Fleck; Kraemer, 2004; Hass *et al*, 2001).

Os sujeitos foram orientados a não bloquear a respiração durante a realização dos exercícios. O ajuste das cargas ocorreu no momento em que o sujeito relatou ter condições de realizar confortavelmente as repetições. Em todos os casos, o intervalo de recuperação entre as séries e os exercícios foi de 90 segundos, sendo este tempo controlado pelos sujeitos com a ajuda de dois avaliadores com o uso de dois cronômetros da marca Casio, modelo HS 50 W (Casio, Japão), quando ao final da execução do exercício a contagem foi iniciada, os sujeitos foram avisados de 30 em 30 segundos e nos últimos 10 segundos para que se preparassem para a serie seguinte.

Foi verificada a temperatura ambiente ficando a mesma entre 22 a 25°C e umidade relativa do ar em 50 e 70%, antes do início do exercício (método), e após a realização da quatro séries de 12 (4 x 12R). Para aferição da temperatura foi utilizado um termo-higrômetro digital Hikari HTH-240 (Hikari, China)

### **Determinação da Carga**

Foi realizado o teste de 1RM, em que cada sujeito iniciou as tentativas com um peso que se acreditava poder ser levantado somente uma vez usando o esforço máximo.

Foram adicionados então incrementos de peso até que a carga máxima sustentada pudesse ser levantada apenas uma vez. Caso o sujeito não conseguisse realizar uma única repetição, seria subtraído 2.4 a 2.5 % da carga, como utilizado no teste (Fleck e Kraemer 2004). Os sujeitos descansaram de 3-5 minutos entre as tentativas. Todos os sujeitos foram submetidos a duas sessões de testes de 1RM, nos

exercícios, com intervalo de 48 a 72 horas entre cada sessão, para avaliação da força muscular.

O teste foi precedido por uma série de aquecimento (10 a 12 repetições), com aproximadamente 50% da carga utilizada na primeira tentativa de cada teste de 1RM. A testagem foi iniciada minutos após o aquecimento. Portanto, a carga registrada como 10RM foi a que o indivíduo completou somente 10 repetições. O intervalo de transição entre os exercícios foi de três a cinco minutos.

Vale ressaltar que a forma e a técnica de execução de cada exercício foram padronizadas e continuamente monitoradas na tentativa de garantir a qualidade das informações (Baechle e Groves 1998). Além disso, os sujeitos realizaram os testes sempre no mesmo período do dia e não praticaram exercícios físicos durante o período experimental.

### ***Familiarização***

Logo após o preenchimento dos questionários, foram feitas duas sessões de familiarização tanto com os exercícios, como com a escala de OMNI- Res. Durante a familiarização, foram dadas instruções sobre o uso da escala nos valores já mencionados e que foram utilizados durante a intervenção. A escala foi apresentada aos participantes durante as sessões de treino de força, os quais atribuíram um valor numérico na escala correspondente a sua percepção geral de esforço naquele instante.

### ***Pico de Torque e Índice de Fadiga***

O pico de torque (PT) foi mensurado pelo torque máximo gerado pelos músculos dos membros inferiores. O PT foi determinado pelo produto do pico de força isométrico e o comprimento do segmento, dado pela distância entre o ponto de fixação do cabo da célula de carga e o aparelho *Leg Press 45°*, que foi ajustado para que houvesse uma angulação do joelho próximo a 90°. A força isométrica foi determinada por uma célula de carga (Kratos, modelo CZC500) que foi fixada a um cabo inextensível e anexada ao *Leg Press 45°*. Os participantes foram instruídos a realizar um único movimento máximo a fim de estender os joelhos “o mais rápido possível” e relaxar, para avaliação do PT. Já para a avaliação do Índice de Fadiga (IF), foi feito o mesmo exercício e determinado que os sujeitos mantivessem a contração máxima por um minuto.

### ***Sessão de treino de força com oclusão (Kaatsu)***

Foi utilizado um esfigmomanômetro aneroide de pressão sanguínea (18cm de largura e 80cm de comprimento). Os voluntários executaram o exercício no *Leg Press* 45° com o dispositivo de oclusão em ambas as pernas e o esfigmomanômetro foi colocado na região proximal das coxas e inflado a uma pressão de oclusão de 130% da Pressão Arterial Sistólica (Takada *et al.*, 2012, Loenneke *et al.*, 2011).

A pressão média de oclusão foi a pressão sistólica, em repouso, e mantida em 130%, durante toda a sessão de exercício e desinflada 30 segundos após o exercício e re-inflada 30 segundos antes de iniciar a nova série (130 a 160 mmHg), foram realizadas 4 séries de 8-12 RM (Takada *et al.*, 2012).

Os voluntários fizeram um aquecimento de 10 minutos em um ciclo ergômetro e após isto, executaram um aquecimento localizado no exercício de flexão dos joelhos com uma carga de 50% de 1RM. A pressão de oclusão foi mantida durante toda a sessão de exercício, inclusive nos intervalos de descanso e liberada somente ao final da mesma.

### ***Treinamento Tradicional (Tradicional)***

Os voluntários fizeram um aquecimento de 10 minutos em um cicloergômetro e após isto, executaram um aquecimento localizado no exercício de flexo-extensão dos joelhos com uma carga aproximada de 80% de 1RM (Fleck; Kraemer, 2004). Foram executadas 4 séries de 8-12RM com a velocidade de execução de um segundo na fase concêntrica por dois segundos na fase excêntrica, com intervalo de 90 segundos entre as séries.

### ***Indicadores de Dano Muscular***

Para verificação dos marcadores de dano muscular foi utilizado o sangue venoso que permaneceu em repouso por 30 minutos em temperatura ambiente para coagulação. Após, o sangue foi centrifugado por 10 minutos a 800 rcf (força centrífuga relativa) para separação do soro.

As dosagens bioquímicas foram realizadas pelo sistema de laminas Vitros® 5600 (Ortho-Clinical Diagnostics, Johnson & Johnson Company, Rochester, NY, USA). A LDH e AST foram dosadas pela técnica cinética de pontos múltiplos e a CPK através da taxa de pontos múltiplos.

### ***Procedimentos pré-teste***

Antes da coleta de dados, foi realizada avaliação antropométrica dos atletas. A altura foi mensurada utilizando um estadiômetro acoplado à balança (precisão de 0,1 cm). A densidade corporal foi indiretamente estimada (adipômetro Sanny, Brasil) pela equação de Jackson e Pollock (1978) de três dobras cutâneas: peitoral, abdominal e coxa.

### ***Percepção de dor (VAS)***

Os atletas indicaram a percepção de dor através da escala analógica visual da dor (VAS), que se caracteriza por uma escala horizontal de 10 cm onde, 0 = ausência de dor, 1 a 3 = dor de fraca intensidade, 4 a 6 = dor de intensidade moderada, 7 a 9 = dor de forte intensidade e 10 = dor de intensidade insuportável. Esta medida foi realizada antes do treino, a cada 40 min durante o treino, após o treino, 24h e 48h pós, conforme metodologia descrita por Carvalho e Kowacs (2006).

### ***Coleta de sangue para identificação do lactato (Lac)***

A coleta de sangue para identificação do lactato sanguíneo foi realizado com aparelho eletroquímico da marca Accu-Check.

A coleta de sangue aconteceu de um a três minutos após o treino para identificar o nível de intensidade da sessão, e também foi coletado após o processo de recuperação, para avaliar o lactato sanguíneo (Bishop e Martino 1993).

### ***Pressão Arterial (PA)***

Inicialmente, os indivíduos permaneceram sentados por 10 minutos. A pressão arterial (PA) foi aferida pelo método auscultatório com esfigmomanômetro aneróide (Tycos, USA) e um estetoscópio (Littmann, Quality, Alemanha). Foi considerado como valor sistólico, a primeira fase do som de Korotkoff; e, como valor diastólico, a quarta fase (ACSM, 2004).

A medida da PA foi realizada pelo método auscultatório. Para a aferição, cada indivíduo se posicionou com o braço esquerdo, relaxado, em superfície plana à altura do ombro. A fixação do manguito no braço ocorreu com aproximadamente 2,5 cm de distância entre sua extremidade inferior e a fossa ante cubital. Após inflar o manguito, iniciou o processo de esvaziamento até distinguirem-se o 1º e o 5º ruídos de Korotkoff, correspondentes aos valores sistólico e diastólico, respectivamente. Tal procedimento

foi adotado com base nas recomendações da American Heart Association (Perloff *et al.*, 1993). Esta medida foi realizada após o treino.

### ***Mensuração da frequência cardíaca (FC)***

Para avaliar a frequência cardíaca a mesma foi verificada antes, durante e logo após a intervenção.

### ***Percepção de esforço (OMNI)***

Para avaliação da percepção subjetiva de esforço, foi demonstrada a escala para os participantes antes e após a avaliação onde os sujeitos determinaram qual foi a percepção em relação ao exercício utilizado logo após a execução do mesmo.

## **Estatística**

O tratamento estatístico foi realizado mediante o pacote computadorizado Statistical Package for the Social Science (SPSS), versão 22.0. Foram utilizadas as medidas de tendência central, Média  $\pm$  Desvio Padrão ( $X \pm DP$ ). Para a verificação da normalidade das variáveis foi utilizado o teste de Shapiro Wilk, tendo em vista o tamanho da amostra. Para verificação das possíveis diferenças entre os grupos divididos por faixa etária, foi utilizado o teste ANOVA (2x4), *Post Hoc* de Bonferroni, para os indicadores de força, fadiga e dano muscular e ANOVA (2x2) para indicadores de FC, PA e Lactato. Para a comparação da dor e percepção subjetiva de esforço OMNI Res foi feita o teste t de *student*. Para se verificar o tamanho do efeito, foi utilizado o teste de  $f^2$  de Cohen, além de adotados os pontos de cortes 0,02 a 0,15 com efeito pequeno, de 0,15 a 0,35 como mediano e maior que 0,35 grandes (Grissom e Kim 2005). Considerado estatisticamente significativo um  $p < 0,05$ .

## **RESULTADOS**

Os resultados em relação ao dano muscular (CPK- creatina quinase, LDH- lactato desidrogenase, AST- aspartato aminotransferase e ALT- alanina aminotransferase), pico de torque (PT) e índice de fadiga (IF) em relação ao pré e pós teste, após 24 horas e 48 horas após a intervenção através dos métodos tradicional e



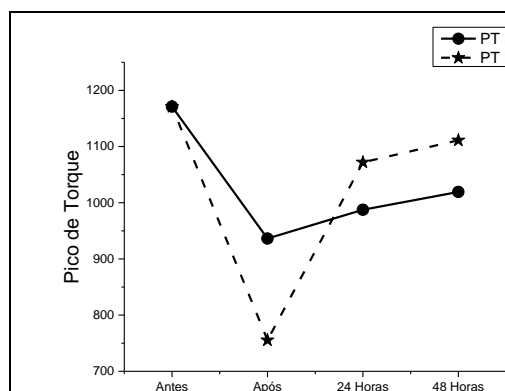
com oclusão vascular, estão representados na tabela 1 e os indicadores da cinética dos vários testes se encontram descritos nos gráficos 1, 2 3, 4, 5 e 6.

**Tabela 1:** Pico de torque (PT) e Índice de Fadiga (IF) e dano muscular (CPK, LDH, AST e ALT) (média  $\pm$  desvio padrão) em diferentes momentos nos métodos tradicional e com oclusão.

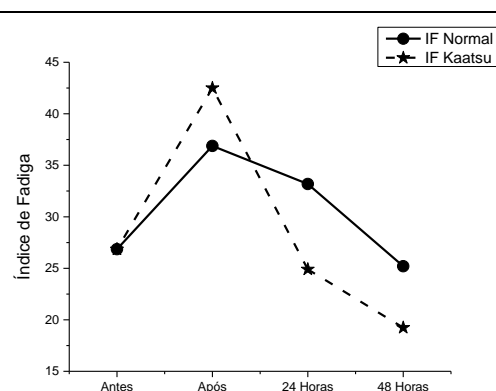
Ind/Mom	PT	IF	CK	LDH	AST	ALT
T Antes	1171,15 $\pm$ 97,18	26,86 $\pm$ 11,96	342,12 $\pm$ 224,56	125,33 $\pm$ 35,66	15,76 $\pm$ 4,91	8,97 $\pm$ 2,36
K Antes	1170,90 $\pm$ 161,76	26,85 $\pm$ 13,17	338,93 $\pm$ 96,49	124,73 $\pm$ 34,56	15,54 $\pm$ 4,80	9,08 $\pm$ 2,62
T Após	936,28 $\pm$ 171,14	36,88 $\pm$ 11,47*	447,80 $\pm$ 340,03	128,06 $\pm$ 27,78	16,22 $\pm$ 6,43	14,15 $\pm$ 4,87*
K Após	755,38 $\pm$ 119,99*	42,50 $\pm$ 9,32*	1093,61 $\pm$ 961,73*	175,26 $\pm$ 29,76*	14,19 $\pm$ 3,87	13,58 $\pm$ 5,82*
T 24 H	987,57 $\pm$ 217,15	33,18 $\pm$ 15,23*	799,77 $\pm$ 549,82	147,69 $\pm$ 54,98	12,90 $\pm$ 5,97	10,44 $\pm$ 3,29
K 24 H	1071,94 $\pm$ 177,84	24,90 $\pm$ 8,45	767,69 $\pm$ 373,75	167,97 $\pm$ 30,06*	12,88 $\pm$ 4,70	10,65 $\pm$ 5,23
T 48 H	1019,20 $\pm$ 151,56	25,20 $\pm$ 12,06	473,98 $\pm$ 233,92	111,49 $\pm$ 37,67	13,10 $\pm$ 3,78	9,66 $\pm$ 5,05
K 48 H	1111,24 $\pm$ 240,72	19,24 $\pm$ 7,88	774,61 $\pm$ 465,22	153,27 $\pm$ 23,25	14,90 $\pm$ 4,79	10,21 $\pm$ 4,07
<i>p</i>	0,007	0,002	0,017	0,027	0,502	0,033
<i>f</i> <sup>2</sup> de Cohen	0,357	0,306	0,248	0,288	---	0,160

\*  $p \leq 0,05$  (ANOVA two way e Post Hoc de Bonferroni)

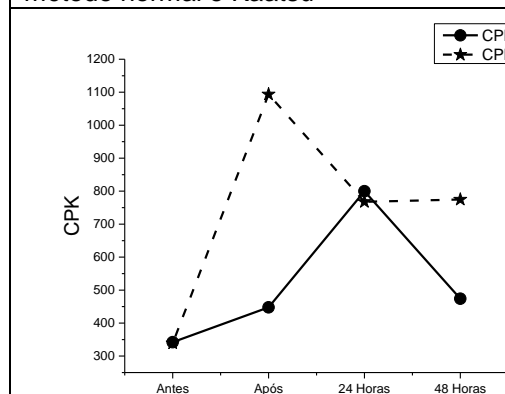
T Antes – Método Tradicional Antes, T Após – Método Tradicional após sessão, T 24 H - Método Tradicional 24 horas após, T 48H – Método Tradicional 48 horas após, K Antes – Método Kaatsu Antes, K Após – Método Kaatsu após intervenção, K 24 H - Método Kaatsu 24 horas após, K 48H – Método Kaatsu 48 horas após, PT – Pico de Torque, IF – Índice de Fadiga, CK – Creatina quinase, LDH – Lactato Desidrogenase, AST – Aspartato Aminotransferase, ALT- Alanina Aminotransferase



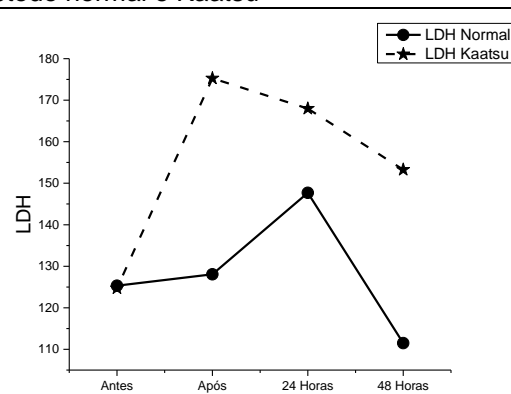
**Gráfico 1:** Cinética do Pico de Torque (PT) no método normal e Kaatsu



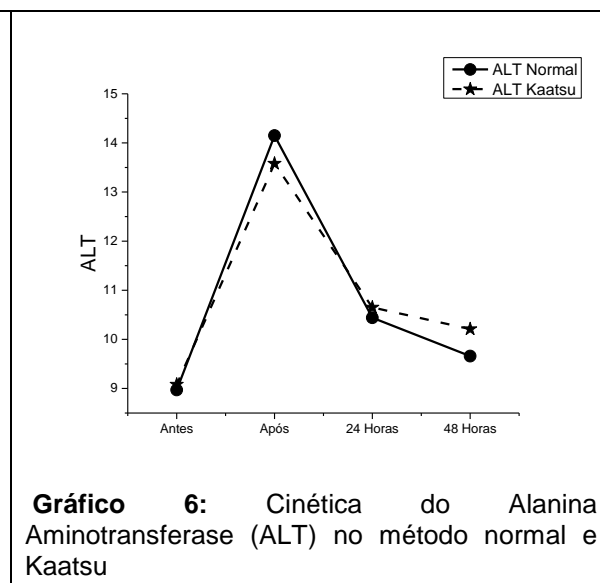
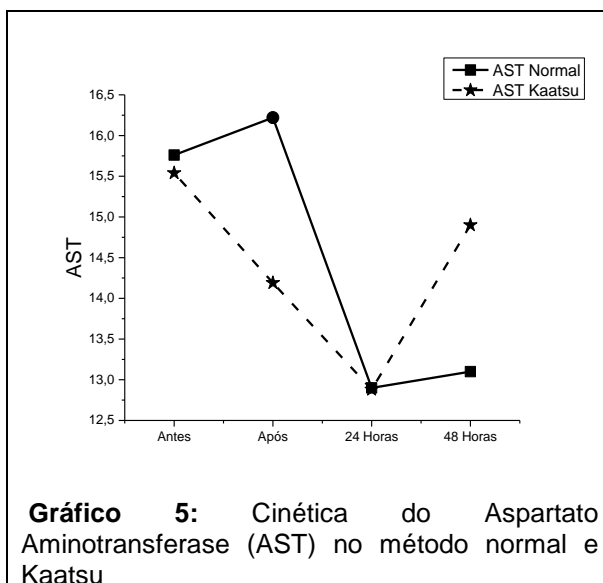
**Gráfico 2:** Cinética do Índice de Fadiga (IF) no método normal e Kaatsu



**Gráfico 3:** Cinética do Creatinafosfoquinase (CPK) no método normal e Kaatsu



**Gráfico 4:** Cinética do Lactato Desidrogenase (LDH) no método normal e Kaatsu



No gráfico 1, verifica-se que imediatamente após a intervenção com o método Kaatsu, houve uma maior queda no Pico de Torque (PT), contudo a sua recuperação foi melhor em 24 horas após a intervenção, sendo que ao atingir 48 horas os valores do PT retornaram quase que para os mesmos valores do pré teste.

Já no gráfico 2, nota-se que logo após a intervenção o método Kaatsu apresentou maior fadiga, contudo a sua recuperação foi melhor 24 e 48 horas após o treinamento, apresentando um índice de fadiga menor no método de oclusão em relação ao tradicional.

Pode-se perceber no gráfico 3 que logo após a intervenção o método Kaatsu apresentou um maior dano muscular no que se refere ao CPK, após 24 horas os valores dos dois métodos foram similares e 48 horas após a recuperação do CPK no método Kaatsu foi melhor que no método tradicional.

No gráfico 4, pode-se perceber que logo após a intervenção o método Kaatsu teve um maior dano muscular no que se refere ao LDH, se mantendo logo após 24 e após 48 horas o método Kaatsu apresentou-se melhor que o método tradicional.

A apresentação do gráfico 5, mostra que logo após a intervenção o método tradicional teve um maior dano muscular no que se refere ao AST, se mantendo similar nos dois métodos após 24 horas e o método Kaatsu tendeu a uma recuperação melhor que o tradicional após 48 horas.

E, no gráfico 6, nota-se que a cinética foi a mesma tanto no método oclusão como no tradicional no dano muscular mensurado através do ALT.

Na tabela 2 verificamos os dados do lactato sanguíneo, escala de dor, escala subjetiva de esforço de OMNI Res, Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD), e Frequência Cardíaca (FC), antes e após a intervenção com o método tradicional e com o método com oclusão (Kaatsu)

**Tabela 2:** Lactato, Dor, OMNI, PAS (Pressão Arterial Sistólica), PAD (PA Diastólica), FC (Frequência Cardíaca) (média  $\pm$  desvio padrão) antes e após intervenção dos métodos tradicional e com oclusão.

Ind/Mom	T Antes	T Após	K Antes	K Após	<i>p</i>	<i>f<sup>2</sup> de Cohen</i>
Lactato	3,60 $\pm$ 0,57	13,60 $\pm$ 0,86	3,80 $\pm$ 0,47	14,20 $\pm$ 0,89*	0,042	0,10
Dor	---	7,50 $\pm$ 0,50	---	9,00 $\pm$ 0,40#	0,013	0,04
OMNI	---	8,00 $\pm$ 0,40	----	9,00 $\pm$ 0,40#	0,047	0,03
PAS	120,00 $\pm$ 4,00	135,00 $\pm$ 5,00	120,00 $\pm$ 4,00	140,00 $\pm$ 6,00	0,060	---
PAD	80,00 $\pm$ 4,47	80,00 $\pm$ 4,00	80,00 $\pm$ 4,00	80,00 $\pm$ 4,00	1,00	---
FC	77,00 $\pm$ 7,98	118,50 $\pm$ 19,60	74,00 $\pm$ 6,88	135,00 $\pm$ 12,72*	0,021	0,05

\*  $p \leq 0,05$  (Teste ANOVA two way e Post Hoc de Bonferroni).

#  $p \leq 0,05$  (Teste t de *student*).

T Antes – Método Tradicional Antes, T Após – Método Tradicional após intervenção, K Antes – Método Oclusão Kaatsu Antes, K Após – Método Oclusão Kaatsu após intervenção.

Pode ser verificado que o Lactato, Percepção subjetiva de esforço de OMNI, e FC no pós teste com o método Kaatsu apresentou valores estatisticamente significantes em relação ao pós teste no método tradicional e em relação ao pré teste em ambos os métodos. No que se refere a dor, seus valores se apresentaram estatisticamente significativos no método Kaatsu em relação ao método tradicional. Não houve diferenças significativas no que se refere a PAS e PAD.

## DISCUSSÃO

O pico de torque está diretamente relacionado, dentre outros fatores a ocorrência de fadiga (Duarte; Soares, 1991), que por sua vez tem como sinais níveis de força reduzidos e em decorrência deste, a falha na manutenção da força - (Sahlin, 1992; Davis; Bailey, 1997; Pinniger; Groeller, 2000; Morin et al., 2011; Gandevia, 2001)

Os principais resultados encontrados neste trabalho podem ser assim entendidos: i) os valores de Pico de Torque (PT) e índice de fadiga (IF) apresentaram, no método de oclusão (Kaatsu), diferenças expressivas, ii) os marcadores de danos muscular aumentam de maneira diferente em resposta ao método Kaatsu e ao método tradicional (Tradicional).

No momento que antecedeu a realização do teste, os indivíduos apresentaram médias de PT acima de 1000Nm em ambos os métodos, porém na avaliação pós teste

e 24 horas após o treinamento, o método oclusão se comportou de modo diferente, com redução do PT em 31,81% aproximadamente após o treinamento e rápida recuperação, como retorno do PT para 96,75% do valor alcançado no pré teste, enquanto no treinamento tradicional a redução foi de 20,05% após o exercício e a recuperação atingiu 84,32% do valor de pré teste.

O IF se comportou de inversamente ao PT, ou seja, a medida que o PT diminuía, o IF se apresentava mais alto e vice versa. Em relação ao treinamento tradicional, o IF aumentou em 37,30% comparado ao valor do pré teste e após 24h, este valor foi de 23,52%. Quanto ao método de oclusão, o IF elevou-se a 71,02% do valor inicial no pós teste e a 0,2% do valor inicial após 24h.

Resultados semelhantes foram encontrados em pesquisas realizadas com exercício no ciclismo, em que na ocorrência da fadiga o PT diminui na musculatura extensora dos joelhos, ocorrendo queda de 20 a 30%. (Booth *et al.*, 1997; Presland *et al.*, 2005; Sahlin; Seger, 1995)

Alguns dos principais fatores atribuídos a fadiga muscular são o acúmulo de metabólitos e a diminuição do aporte sanguíneo (hipóxia muscular) (Jacobs *et al.*, 1981; Tanimoto *et al.*, 2005). Tais condições se apresentam na utilização do método Kaatsu em que a oclusão vascular provoca a restrição do fluxo sanguíneo. Essa isquemia leva as fibras de contração lenta a fadigarem mais rápido e as fibras de contração rápida tendem a ser recrutadas mesmo em exercícios de baixa intensidade. (Meyer, 2006; Moritani, *et al.*, 1992)

Dentre os metabólitos presentes na corrente sanguínea em decorrência da prática do treinamento de força, a creatina quinase (CK) e o lactato desidrogenase (LDH) são os indicadores de maior especificidade no diagnóstico do dano muscular. (Balnave; Thompson, 1993; Smith *et al.*, 1994; Brown *et al.*, 1997; Frieden; Lieber, 1998; Clarkson; Hubal, 2002)

Os resultados encontrados nesse estudo, revelam que a concentração da CK no pós teste elevou-se a 274,61% em relação ao valor obtido no pré teste do treinamento com oclusão, enquanto no treinamento tradicional o aumento foi de 30,89%. Como já citado, por se tratar de uma enzima indicativa de dano muscular, sugere-se que no método oclusão, o dano muscular foi expressivamente maior do que no método tradicional.

Em seu estudo, Byrne e Eston (2002), relataram que houve aumento nos níveis séricos de CK em diversos períodos pós exercício, corroborando com o achado neste

estudo. Uma pesquisa realizada por Mayhew *et al.*, (2005), com treinamento tradicional, revelou que o intervalo de descanso menor pode ter influenciado nos níveis de concentração de CK, sugerindo que um tempo menor de descanso entre as séries pode induzir um maior dano muscular.

Divergindo do que foi encontrado neste estudo, Takarada *et al.*, (2000), notaram que os valores de CK após um treino de força com oclusão vascular não apresentaram uma elevação significativa e associaram a ausência de dano ao fato de não haver grande estresse mecânico na musculatura exercitada. Considerando o exercício que foi realizado, em que ocorrem contrações concêntricas e excêntricas, supõe-se que os valores elevados de CK encontrados nesse estudo podem estar relacionados ao fato de que a força a ser desenvolvida tende a ser muito superior àquelas em que ocorrem contrações concêntricas, excêntricas ou isométricas, isoladamente (Clarkson; Hubal, 2002; Clarkson; Tremblay, 1988; Nosaka *et al.*, 2005; Saxton; Donnelly, 1995).

O aumento dos valores de CK encontrados no pós teste e 24h vão ao encontro de outras pesquisas realizadas, em que a concentração de CK aumentou após uma única sessão de treino e também 24h após a sessão, (Nosaka; Newton, 2002; Magal *et al.*, 2010). Porém, os mesmos autores relatam que 48h após a execução do exercício os valores de CK reduziram a valores próximos aos do pré teste, o que não ocorreu neste estudo, principalmente no método oclusão, em que após 48h de executado o exercício os níveis de CK continuaram elevados, estando este resultado em concordância com os achados do estudo de Raastad *et al.* (2003), em que após um treinamento de força com contrações concêntricas e excêntricas os valores de CK aumentaram 10h após a realização do exercício, alcançando o ápice em 24h e ao completar 48h manteve-se alto.

A respeito do LDH, de acordo com pesquisa realizada por Hernandez (2010), o ápice das concentrações de LDH ocorre no período compreendido entre 48 e 96h após a atividade, porém dependendo da atividade executada esse pico pode ser observado logo depois da atividade (Babtistella, 2009), e isto foi observado no método Kaatsu, podendo este evento estar relacionado com o aumento do estresse metabólico provocado pela restrição vascular. Em contrapartida, o método tradicional apresentou seu pico em 24h, porém os valores não se afastaram muito dos valores basais, o que, baseado nos estudos acima citados, pode estar relacionado ao fato de os sujeitos estarem melhor adaptados à pratica deste tipo de treinamento.

Além do CK e do LDH, outro indicador de dano muscular é o aspartato-aminotransferase (AST) (Babtistella, 2009; Gonzales; Silva, 2006), que por ser uma enzima mitocondrial e citosólica, necessita que uma grande lesão aconteça para que se apresente na corrente sanguínea.

Os achados desse estudo, revelam um aumento mínimo dos valores de AST no pós teste do treinamento tradicional e apresenta redução em todos os momentos no método Kaatsu. A CK aparece aumentada antes do AST e desaparece primeiro, também. Quando há aumento nos níveis de CK com baixa AST significa que a lesão é recente. Considerando que as dosagens foram realizadas nos períodos imediatamente após o exercício e as 48h seguintes, os baixos valores de AST podem estar relacionados a este fato (Mota, 2001).

Os valores do lactato sanguíneo apresentaram diferenças significativas entre o pré e pós teste em ambos os métodos, como pode ser visto na tabela 2. A presença de lactato na corrente sanguínea está relacionada com a intensidade do exercício realizado, visto que no início de uma atividade ou em atividades de baixa intensidade as fibras do tipo I (contração lenta) são predominantemente utilizadas e de acordo com o aumento da intensidade do exercício as fibras do tipo II são recrutadas, ou seja, quanto maior a intensidade, maior a quantidade de energia gerada por meio da glicólise anaeróbia, conseqüentemente maior a quantidade de lactato na corrente sanguínea (Kawai et al., 2009; Hodgson et al. 2013).

Tal fato, explica o aumento no valor do lactato após o exercício em ambos os métodos. Pode-se ainda acrescentar o fato de que a oclusão vascular restringe o fluxo sanguíneo e em consequência o oxigênio tem dificuldade para chegar as fibras musculares o que faz com que o pH sofra uma queda, levando ao acúmulo do lactato, o que ratifica a razão pela qual houve um aumento nos níveis de lactato no método Kaatsu (Gentil, 2010).

A Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) obtida neste estudo se classifica entre “difícil” e “muito difícil”, segundo a escala OMNI- RES, utilizada. Observando-se um maior valor para o treino com método Kaatsu. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Vieira *et al.*, (2013), em que jovens treinados foram submetidos ao treinamento com e sem oclusão vascular e a resposta da PSE também foi maior no treino com restrição do fluxo sanguíneo. Considerando que houve um aumento significativo nos valores do lactato, em especial no método Kaatsu, baseado em estudos realizados, pode-se sugerir que existe uma relação direta entre a PSE e o

aumento das concentrações de lactato (Robertson et al., 2003; Legally et al., 2002; Sullivan et al., 1996; Suminski, 1997).

A dor referida pelos voluntários alcançou valores altos no momento pós exercício e nota-se que este aumento foi paralelo ao aumento da PSE e dos marcadores CK, LDH e lactato. Embora pesquisas relatem o aparecimento da dor horas após o exercício (inicia 8h após atingindo seu ápice em 24 a 72h e podendo perdurar por até 7 dias) (Clarkson; Hubal, 2002; Tricoli, 2001), nesta pesquisa os altos valores foram encontrados logo após a realização do exercício. De acordo com pesquisas realizadas, o acúmulo de metabólitos (em especial o  $H^+$ , derivado do lactato) podem ser os responsáveis pela dor após o exercício, porém outros estudos fizeram cair por terra esta hipótese quando demonstraram que os valores do ácido láctico (lactato) retornam a sua concentração basal após algumas horas do exercício (Wilmore; Costil, 2001).

Considerando que, os valores referentes a dor foram obtidos imediatamente após o exercício, pode-se sugerir que os altos valores de dor referida, estão diretamente ligados aos altos valores de lactato encontrados no pós exercício.

A pressão arterial sistólica (PAS) verificada após o treinamento com os métodos tradicional e Kaatsu apresentaram valores próximos, 135 e 140mmHg respectivamente, valores não muito altos em relação ao valor basal de 120mmHg. Enquanto a pressão arterial diastólica (PAD) não sofreu alteração em nenhum dos métodos em relação ao valor aferido no pré teste. Um estudo realizado por Poton e Polito (2012), mostrou que as respostas cardiovasculares durante o exercício de rosca bíceps de baixa intensidade com e sem restrição do fluxo sanguíneo, só apresentaram alteração dos valores na terceira série realizada com restrição do fluxo sanguíneo, em relação a PAS e PAD. Os mesmo autores, em 2014, encontraram em outro estudo dos valores pressóricos maiores no exercício de alta intensidade sem restrição do fluxo sanguíneo. Sabe-se que alguns fatores como intensidade e volume de treino podem contribuir para as alterações no comportamento cardiovascular durante o esforço, independente disso, nesse estudo as respostas foram semelhantes tanto no método tradicional quanto no Kaatsu. Os diferentes delineamentos metodológicos das pesquisas citadas em relação ao presente estudo, em termos de quantidade de séries e repetições, intervalo entre series, pressão de oclusão aplicada, podem ter influência sobre os resultados e aos comparativos feitos.

A frequência cardíaca (FC) apresentou valores mais elevados no treinamento com método Kaatsu em relação ao método tradicional, que por sua vez também apresentou aumento em relação ao pré teste. Semelhante ao achado deste estudo, Vieira *et al.* (2013) observaram que a FC foi maior no treinamento com oclusão do que no mesmo treinamento sem a oclusão. Já é sabido que o aumento nos valores da FC durante a prática de exercício está relacionada ao estímulo ao Sistema Nervoso Simpático que libera catecolaminas promovendo a elevação da FC, além disso, a oclusão vascular faz com que o retorno venoso seja mais difícil contribuindo também com o aumento da FC (Sumide *et al.*, 2009). O estudo de Iida *et al.* (2007) mostrou que utilização de oclusão mesmo na ausência de exercício físico, promove aumento da frequência cardíaca.

## REFERÊNCIAS

- Abe, T., Kearns, C. F., & Sato, Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *Journal of Applied Physiology*, 100(5), 1460-1466.
- American College of Sports Medicine. Position stand. Progression models in resistant training for healthy adults. *Medicine Science Sports Exercise*, 34:2: 364-80, 2002.
- Baechle, T. R., & Groves, B. R. (1998). *Weight training*. Champaign: Human Kinetics.
- Balnave, C. D., & Thompson, M. W. (1993). Effect of training on eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 75(4), 1545-1551.
- Babtistella, M. F., & Madureira, K. M. (2010). *Atividade sérica das enzimas aspartato aminotransferase, creatinoquinase e lactato desidrogenase em equinos submetidos a diferentes intensidades de exercício*. Projeto de Pesquisa, 1(1).
- Bento, P. C. B., Pereira, G., Ugrinowitsch, C., & Rodacki, A. L. F. (2010). Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. *Clinical Biomechanics*, 25(5), 450-454.
- Bishop, P., & Martino, M. (1993). Blood lactate measurement in recovery as an adjunct to training. *Sports Medicine*, 16(1), 5-13.



- Booth, J., McKenna, M. J., Ruell, P. A., Gwinn, T. H., Davis, G. M., Thompson, M. W., ... & Sutton, J. R. (1997). Impaired calcium pump function does not slow relaxation in human skeletal muscle after prolonged exercise. *Journal of Applied Physiology*, 83(2), 511-521.
- Brown, S. J., Child, R. B., Day, S. H., & Donnelly, A. E. (1997). Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *Journal of sports sciences*, 15(2), 215-222.
- Byrne, C., & Eston, R. (2002). Maximal-intensity isometric and dynamic exercise performance after eccentric muscle actions. *Journal of Sports Sciences*, 20(12), 951-959.
- Carvalho, D. D. S., & Kowacs, P. A. (2006). Avaliação da intensidade de dor. *Migrâneas cefaléias*, 9(4), 164-8.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11), S52-S69.
- Clarkson, P. M., & Tremblay, I. (1988). Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *Journal of Applied Physiology*, 65(1), 1-6.
- Davis, J. M., & Bailey, S. P. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(1), 45-57.
- Duarte, J. A. R., & Soares, J. M. C. (1991). Etiologia da fadiga muscular: alguns factores condicionantes. *Revista Portuguesa de Medicina do Desporto*, 9, 165-174.
- Fleck, S. J. (1988). Cardiovascular adaptations to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5 Suppl), S146-51.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. (2014). *Designing Resistance Training Programs*, 4E. Champaign: Human Kinetics.

- Fridén, J., & Lieber, R. L. (1998). Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell and tissue research*, 293(1), 165-171.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews*, 81(4), 1725-1789.
- Gentil, P. (2011). *Bases Científicas do Treinamento de Hipertrofia*. (4ª Ed). Editora Sprint. Rio de Janeiro.
- González, F. H. D., & Silva, S. D. (2006). *Perfil bioquímico sanguíneo. Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária*, (2nd ed). UFRGS, Porto Alegre, 313-358.
- Hernandez, S. G. (2010). *Influência da crioterapia de imersão em indicadores de dano muscular pós exercício em atletas de triathlon* (Doctoral dissertation, Universidade Federal do Paraná). Curitiba: UFPR.
- Hodgson, D. R., McKeever, K. H., & McGowan, C. M. (2013). The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine. Second edition. Saunders Elsevier, St. Louis.
- Humburg, H., Baars, H., Schröder, J., Reer, R., & Braumann, K. M. (2007). 1-SET vs. 3-SET resistance training: a crossover study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 578-582.
- Iida, H., Kurano, M., Takano, H., Kubota, N., Morita, T., Meguro, K., ... & Takenaka, K. (2007). Hemodynamic and neurohumoral responses to the restriction of femoral blood flow by KAATSU in healthy subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 100(3), 275-285.
- Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40(03), 497-504.
- Jacobs, I., Kaiser, P., & Tesch, P. (1981). Muscle strength and fatigue after selective glycogen depletion in human skeletal muscle fibers. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 46(1), 47-53.

- Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y., & Bemben, M. (2007). Overview of neuromuscular adaptations of skeletal muscle to KAATSU Training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 3(1), 1-9.
- Kawai, M., Minami, Y., Sayama, Y., Kuwano, A., Hiraga, A., & Miyata, H. (2009). Muscle fiber population and biochemical properties of whole body muscles in Thoroughbred horses. *The Anatomical Record*, 292(10), 1663-1669.
- Kim, H. J., Lee, Y. H., & Kim, C. K. (2007). Biomarkers of muscle and cartilage damage and inflammation during a 200 km run. *European Journal of Applied Physiology*, 99(4), 443-447.
- Kubo, K., Komuro, T., Ishiguro, N., Tsunoda, N., Sato, Y., Ishii, N., ... & Fukunaga, T. (2006). Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *Journal of Applied Biomechanics*, 22(2), 112-119.
- Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., & Goodpaster, B. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(3), 552-9.
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., Neves Jr, M., & Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine Science Sports Exercise*, 44(3), 406-12.
- Magal, M., Dumke, C. L., Urbiztondo, Z. G., Cavill, M. J., Triplett, N. T., Quindry, J. C., & Epstein, Y. (2010). Relationship between serum creatine kinase activity following exercise-induced muscle damage and muscle fibre composition. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 257-266.
- Martin-Hernandez, J., Marín, P. J., Menéndez, H., Ferrero, C., Loenneke, J. P., & Herrero, A. J. (2013). Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(2), e114-e120.

- Mayhew, D. L., Thyfault, J. P., & Koch, A. J. (2005). Rest-interval length affects leukocyte levels during heavy resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 16-22.
- Meyer, R. A. (2006). Does blood flow restriction enhance hypertrophic signaling in skeletal muscle? *Journal of Applied Physiology*, 100(5), 1443-1444.
- Morin, J. B., Samozino, P., Edouard, P., & Tomazin, K. (2011). Effect of fatigue on force production and force application technique during repeated sprints. *Journal of Biomechanics*, 44(15), 2719-2723.
- Moritani, T., Sherman, W. M., Shibata, M., Matsumoto, T., & Shinohara, M. (1992). Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(6), 552-556.
- Motta, V. T. (2000). *Bioquímica clínica: princípios e interpretações*. Editora: Médica Massau. Porto Alegre, RS.
- Nosaka, K., & Newton, M. (2002). Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(1), 63-69.
- Nosaka, K., Newton, M., Sacco, P., Chapman, D., & Lavender, A. (2005). Partial protection against muscle damage by eccentric actions at short muscle lengths. *Medicine Science Sports Exercise*, 37(5), 746-53.
- Pinniger, G. J., Steele, J. R., & Groeller, H. (2000). Does fatigue induced by repeated dynamic efforts affect hamstring muscle function? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(3), 647-653.
- Poton, R., & Polito, M. D. (2014). Respostas Cardiovasculares durante Exercício Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo. *Revista Brasileira de Cardiologia*, 27(2), 104-110.
- Poton, R.; Polito, M. D. (2012). *Comportamento da pressão arterial durante exercício resistido de baixa intensidade com oclusão vascular*. In: IV Congresso Brasileiro

de Metabolismo, Nutrição e Exercício (COBRAMENE), Londrina: COBRAMENE, 182-182.

Presland, J. D., Dowson, M. N., & Cairns, S. P. (2005). Changes of motor drive, cortical arousal and perceived exertion following prolonged cycling to exhaustion. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 42-51.

Raastad, T., Risøy, B. A., Benestad, H. B., Fjeld, J. G., & Hallén, J. (2003). Temporal relation between leukocyte accumulation in muscles and halted recovery 10–20 h after strength exercise. *Journal of Applied Physiology*, 95(6), 2503-2509.

Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., ... & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333-341.

Sahlin, K. (1992). Metabolic factors in fatigue. *Sports Medicine*, 13(2), 99-107.

Sahlin, K., & Seger, J. Y. (1995). Effects of prolonged exercise on the contractile properties of human quadriceps muscle. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71(2-3), 180-186.

Santarem, J. M. (1999). *Treinamento de força e potência*. Ghorayeb N. e Barros TL O Exercício, (1ª ed). 35-50.

Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 1-5.

Saxton, J. M., & Donnelly, A. E. (1995). Light concentric exercise during recovery from exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, 16(06), 347-351.

Silva Filho, J. N. (2013). Treinamento de força e seus benefícios voltados para um emagrecimento saudável. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)*, 7(40), 329-338.

- Siri, W. E. (1956). The gross composition of the body. In: *Advances in Biological and Medical Science*, edited by J. H. Lawrence and C. A. Tobias. New York: Academic. (4) p. 239–280
- Smith, L. L., Fulmer, M. G., Holbert, D., McCammon, M. R., Houmard, J. A., Frazer, D. D., ... & Israel, R. G. (1994). The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. *British Journal of Sports Medicine*, 28(4), 267-271.
- Sullivan, J. J., Knowlton, R. G., DeVita, P., & Brown, D. D. (1996). Cardiovascular Response to Restricted Range of Motion Resistance Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(1), 3-7.
- Sumide, T., Sakuraba, K., Sawaki, K., Ohmura, H., & Tamura, Y. (2009). Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 107-112.
- Suminski, R. R., Robertson, R. J., Arslanian, S., Kang, J., Utter, A. C., DaSilva, S. G., & Metz, K. F. (1997). Perception of Effort During Resistance Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 11(4), 261-265.
- Takada, S., Okita, K., Suga, T., Omokawa, M., Morita, N., Horiuchi, M., & Kinugawa, S. (2012). Blood flow restriction exercise in sprinters and endurance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 44(3), 413-9.
- Takarada, Y., Sato, Y., & Ishii, N. (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 86(4), 308-314.
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2097-2106.
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2097-2106.

- Tanimoto, M., Madarame, H., & Ishii, N. (2005). Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between "KAATSU" and other types of regimen. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(2), 51-56.
- Tricoli, W. (2001). Mechanisms involved in delayed onset muscle soreness etiology. *Revista Brasileira Ciência e Movimento*, 9(2), 39-44.
- Vieira, P. J., Chiappa, G. R., Umpierre, D., Stein, R., & Ribeiro, J. P. (2013). Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(8), 2288-2294.
- Wilmore, J. H. (2001). *Fisiologia do esporte e do exercício*. Barueri: Manole.

**2.2 ESTUDO 2:** Natalie de Almeida Barros, Felipe J Aida, Dihogo de Matos Gama, Heleno Almeida Junior, Sabrina Mondadori Boaretto, Raphael Fabricio de Souza, Alan Santos de Oliveira, Luana Mendonça Cercato, Enilton Aparecido Camargo, Afrânio de Andrade Bastos. (2017) Analysis of thermal asymmetry, fatigue and peak torque in traditional training and with occlusion. *Journal of Exercise Physiology online*. 2017;20(1):1-12. (Publicado, Extrato B1) (Carta em anexo B)



## **2.2 ESTUDO 2: Analysis of thermal asymmetry, fatigue and peak torque in traditional training and with occlusion**

### **ABSTRACT**

The objective of the present study was to analyze and compare the variables related to asymmetry, peak torque and fatigue index in two strength training methods. Ten male subjects with a minimum of 12 months' experience in the practice of strength training participated in the study. It was found that shortly after the intervention the Kaatsu method had a greater loss in terms of peak torque, however its recovery was better 24 and 48 hours after the intervention with a higher torque peak in the occlusion method in relation to the traditional. In addition, it was found that soon after the intervention the Kaatsu method had a higher fatigue index, and also, it was verified that soon after the intervention the Kaatsu method had a greater asymmetry that after 24 hours had the same kinetics of the method traditional. It was concluded that a training session with restriction of blood flow promoted, in relation to the traditional training, an increase in the concentration levels of CK, LDH and lactate besides presenting higher values of fatigue index, peak torque, subjective perception Pain, and heart rate.

**Key Words:** Asymetry, training methods, strength training.

## INTRODUÇÃO

O Treinamento de Força (TF) tem sido utilizado como um meio de tratamento e/ou condicionamento físico (1). Neste sentido, vários métodos de treinamento tem sido indicados no intuito de potencializar as respostas ao exercício de resistência no que diz respeito a força e fadiga. (2).

Como uma alternativa à prática do método tradicional em que os exercícios são realizados com uma carga em torno de 70% de 1RM(3), estudos tem evidenciado o método Kaatsu, criado pelo japonês Yoshiaki Sato nos anos 60, que consiste em exercícios com 20% de 1RM associados a oclusão vascular parcial através de uma espécie de garrote posicionado na região proximal do membro a ser exercitado (4), e em tese, os ganhos de força em ambos os métodos tendem a ser semelhantes (5).

Por outro lado alguns estudos utilizando termografia tem sido utilizados para verificar a temperatura local da pele e esta tende a ser similar em ambos os lados do corpo e uma possível assimetria termal pode estar associada a anormalidades fisiológicas e estruturais em atletas (6).

Assim, Marins *et al.* propuseram (7) um nível de atenção baseado nas imagens termográficas obtidas por meio do estudo das regiões contralaterais, nomeadas da seguinte forma: a) Normal: assimetrias  $\leq 0.4^{\circ}\text{C}$ ; b) Monitoramento: assimetrias  $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ , aconselhável reavaliar e verificar a possível influência de fatores externos; c) Prevenção: valores entre  $0,8^{\circ}\text{C}$  e  $1,0^{\circ}\text{C}$ , é recomendado a redução da carga ou até mesmo a suspensão do treinamento e avaliação médica ou fisioterapêutica; d) Alarme: valores entre  $1.1^{\circ}\text{C}$  e  $1.5^{\circ}\text{C}$ , suspensão imediata do treinamento e avaliação médica ou fisioterapêutica; e) Grave: assimetrias  $\geq 1.6^{\circ}\text{C}$ , sugerem uma assimetria com características patológicas ou ainda uma lesão importante, com recomendação de avaliação médica ou fisioterapêutica

Considerando o ainda escasso número de estudos que investigam os aspectos relacionados a assimetria térmica, pico de torque e índice de fadiga, o presente estudo objetivou verificar, comparar e analisar essas variáveis em dois métodos diferentes de treinamento de força: o tradicional e o Kaatsu.

## MÉTODOS

### Amostra

Participaram do estudo dez sujeitos, do sexo masculino com pelo menos 12 meses de experiência na prática de treinamento de força recreacional, com idade entre 18 e 25 anos ( $22.50 \pm 2.84$ ), altura  $1.77 \pm 0.05$  m, peso de  $75.45 \pm 6.86$ , e percentual de gordura (% G)  $14.45 \pm 3.36$ , sendo que todos foram submetidos aos dois métodos de treinamento de força: o método oclusão (Kaatsu) e o método tradicional (Tradicional). Os sujeitos participaram de todos os testes, sendo que a ordem em que os testes foram realizados foi definida por meio de sorteio.

Os sujeitos que estavam fazendo uso de algum tipo de recurso ergogênico ilícito, ou envolvidos em algum processo de perda ou ganho de peso antes e durante a intervenção foram excluídos da amostra porque esta prática poderia afetar a performance física, sendo estes fatos confirmados por meio de entrevista. A participação no estudo ocorreu mediante autorização médica e apenas sujeitos clinicamente saudáveis foram aceitos.

Todos os sujeitos foram submetidos a quatro sessões de familiarização/ teste com um intervalo mínimo de 72 horas de descanso entre as sessões. Todos foram esclarecidos a respeito do estudo e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido de acordo com a resolução 466/2012 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, Conselho Nacional de Saúde, de acordo com os princípios éticos expressos na Declaração de Helsinki (1964, atualizada em 1975, 1983, 1989, 1996, 2000 e 2008) da Associação Médica Mundial.

## **Instrumentos**

### ***Treinamento de força***

O equipamento utilizado nos testes foi o *Leg Press 45°*, da marca Physicus (Physicus, Brasil). A determinação do intervalo entre séries foi feita por um cronômetro da marca Casio, modelo HS 50 W (Cássio, Japão). Um metrônomo da marca Willner (Isny, Germany) foi utilizado para determinar o tempo das fases concêntrica e excêntrica do movimento. Para a oclusão vascular um torniquete pneumático da marca Riester (Riester, Germany) foi utilizado.

### ***Medidas de força***

A mensuração da força muscular, pico de torque e índice de fadiga foi determinada por uma célula de carga da marca Kratus, modelo CZC500 (Kratus,

Brasil) que foi fixada no aparelho *Leg Press 45°*, utilizando mosquetões modelo Spider HMS Simond (Chamonix, France) com carga de ruptura de 21 KN, aprovados para escalada pela Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA) (8). Uma corrente de aço com dimensões de 10x35x30 mm com carga de ruptura de 2,300 kg foi utilizada para fixar a célula de força ao aparelho. A distância perpendicular entre a célula de carga e o centro da articulação foi determinada e usado para calcular torques articulares e índice de fadiga adaptado do procedimento realizado por Bento *et al.*(8).

### ***Coleta das imagens termográficas***

A imagem foi realizada em uma sala apropriada, sem luz natural, apenas artificial por meio de lâmpadas fluorescentes, sem fluxo de ar direcionado para o local da coleta. As condições de temperatura ambiente foram mantidas através de um ar condicionado e monitoradas por um higrômetro digital da marca Thermo- Hikari, modelo HTH-240 (Hikari, China), cerca de 24°C e umidade relativa em torno de 50% (9). Os sujeitos foram instruídos a não realizar atividades vigorosas nas 24h que antecederam os procedimentos, não consumir álcool ou cafeína, não utilizar nenhum tipo de creme na pele nas 6h antecedentes a avaliação. Para obtenção dos termogramas os atletas permaneceram de pé, sem realizar nenhum movimento súbito, não cruzaram os braços por um período de pelo menos 10 minutos para aclimação. (7). As imagens foram capturadas por uma câmera (Flir System Inc. Model C2, Sweden) com uma resolução de 80 x 60 pixels, a uma distância de 1.5m, com emissividade de 0.98 (10).

Para a análise das imagens utilizou-se o software (FLIR Tools - versão 5.4.15351.1001). A região corporal de interesse foi a coxa, considerando 5 cm acima da borda superior da patela e da linha inguinal, na perna considerando 5 cm abaixo da borda inferior da patela e 10cm acima do maléolo na vista anterior e posterior. (11)

### **Procedimentos**

Os avaliados foram submetidos a quatro sessões de familiarização antes do teste, duas para a determinação da carga e duas para familiarização com os métodos de treinamento. Os dados foram coletados entre as 13:00 e 18:00 horas, de acordo com a disponibilidade dos sujeitos. As atividades foram constituídas por um aquecimento de 10 a 15 minutos com cerca de 50% da carga referente a 10 RM, sendo compostas por duas series de 15 a 20 repetições no *Leg Press 45°* da marca

Physicus (Physicus, Brasil). Para o teste de 10 RM, os sujeitos realizaram três séries de 12 repetições (1).

Os sujeitos foram orientados a não bloquear a respiração durante os exercícios. O ajuste das cargas ocorreu no momento em que o indivíduo relatou ter condições para realizar confortavelmente as repetições. Em todos os casos, o intervalo de recuperação entre as séries e os exercícios foi de 90 segundos, sendo este tempo controlado pelos sujeitos com a ajuda de dois avaliadores usando dois cronômetros da marca Casio, modelo HS 50 W (Cassio, Japão), quando ao final da execução do exercício a contagem do intervalo foi iniciada, os sujeitos foram avisados de 30 em 30 segundos e nos últimos 10 segundos para que se preparassem para a série seguinte.

A temperatura ambiente foi verificada, estando entre 22°C e 25°C e a umidade relativa do ar entre 50 e 70%, antes do início do exercício (método), e após a realização das quatro séries de 12 (4x 12R). Para aferição da temperatura, utilizou-se um termo higrômetro digital da marca Hikari, modelo HTH-240 (Hikari, China).

### ***Determinação da carga***

O teste de 1RM foi realizado, em que cada indivíduo iniciou as tentativas com um peso que acreditava ser capaz de levantar uma única vez utilizando seu esforço máximo. Os incrementos de peso foram adicionados até que a carga máxima sustentada pudesse ser levantada apenas uma vez. Se o sujeito não conseguisse realizar uma única repetição, 2.4 a 2.5% da carga seria subtraída conforme utilizado no teste. Os indivíduos descansaram durante 3 minutos entre tentativas.

Todos os sujeitos foram submetidos a duas sessões de teste de 1RM, nos exercícios, com intervalo de 48 a 72 horas entre cada sessão, para avaliação da força muscular.

O teste foi precedido por uma série de aquecimento (10 a 12 repetições), com aproximadamente 50% da carga utilizada na primeira tentativa de cada teste de 1 RM.

O teste foi iniciado minutos após o aquecimento. Portanto, a carga registrada como 10RM foi a que o indivíduo completou apenas 10 repetições. O intervalo de transição entre os exercícios foi de três a cinco minutos.

Vale ressaltar que a forma e a técnica de execução de cada exercício foram padronizadas e continuamente monitoradas na tentativa de garantir a qualidade das informações. (11). Além disso, os sujeitos realizaram os testes na mesma hora do dia e não se exercitaram durante o período experimental.

### ***Familiarização***

Logo após o preenchimento dos questionários, foram realizadas duas sessões de familiarização tanto com os exercícios quanto com a escala OMNI- Res. Durante a familiarização, foram dadas instruções sobre o uso da escala nos valores já mencionados e que foram utilizadas durante a intervenção.

A escala foi apresentada aos participantes durante as sessões de treinamento de força, que atribuíram valores numéricos correspondente a sua percepção geral de esforço naquele momento.

### ***Pico de Torque e Índice de Fadiga***

O pico de torque isométrico (PT) foi mensurado pelo torque máximo gerado pelos músculos dos membros inferiores. O PT foi determinado pelo produto do pico de força isométrico e do comprimento do segmento, dado pela distância entre o ponto de fixação do cabo da célula de carga e o aparelho *Leg Press 45°*, o qual foi ajustado de modo que houvesse uma angulação do joelho próxima a 90°.

A força isométrica foi determinada por uma célula de carga (Kratos, modelo CZC500) que foi fixada a um cabo inextensível e anexada ao *Leg Press 45°*. Os participantes foram instruídos a realizar um único movimento máximo a fim de estender os joelhos o mais rápido possível e relaxar para avaliação do PT. Para avaliação do Índice de Fadiga (IF), o mesmo exercício foi realizado e determinado que os sujeitos mantivessem a contração máxima por um minuto.

### ***Sessão de treinamento de força com oclusão (Kaatsu)***

Um esfigmomanômetro aneroide de pressão sanguínea (18cm de largura 80 cm de comprimento) foi utilizado. Os voluntários realizaram o exercício no *Leg Press 45°* com o dispositivo de oclusão em ambas as pernas e o esfigmomanômetro foi colocado na região proximal das coxas e inflado a uma pressão de oclusão de 130% da Pressão Arterial Sistólica (4).

A pressão média de oclusão foi a pressão sistólica, em repouso, e mantida em 130%, ao longo da sessão de exercícios, desinflada 30 segundos após o exercício e re-inflada 30 segundos antes de iniciar a nova série (130 a 160 mmHg). Foram realizadas 4 séries de 12 RM (4).

Os voluntários fizeram um aquecimento de 10 minutos em cicloergômetro e, logo após, realizaram um aquecimento localizado no exercício de flexão dos joelhos

com uma carga de 50% de 1RM. A pressão de oclusão foi mantida durante toda a sessão de exercício, incluindo os intervalos de repouso e liberada apenas no final da sessão.

### ***Treinamento tradicional***

Os voluntários fizeram um aquecimento de 10 minutos em cicloergômetro e, depois disso, realizaram um aquecimento localizado no exercício de flexo-extensão do joelho com uma carga aproximada de 80% de 1RM (1). Quatro séries de 12RM foram realizadas com a velocidade de execução de um segundo na fase concêntrica e dois segundos na fase excêntrica, com um intervalo de 90 segundos entre séries.

### ***Procedimentos pré teste***

Antes da coleta de dados, a avaliação antropométrica dos atletas foi realizada. A massa corporal foi mensurada por uma balança (G- Tech), a altura foi medida utilizando um estadiômetro acoplado a balança (precisão de 0.1 cm) e por fim, a densidade corporal foi estimada indiretamente (adipômetro Sanny, Brazil) pela equação de Jackson e Pollock (13) de três dobras cutâneas, peitoral, abdominal e coxa.

### ***Análise estatística***

A análise estatística foi realizada utilizando o Statistical Package for Social Science (SPSS), versão 22.0. As medidas de tendência central, média  $\pm$  desvio padrão ( $X \pm SD$ ), foram utilizadas. Para verificação da normalidade das variáveis, foi utilizado o teste de Shapiro Wilk, considerado o tamanho da amostra. O ANOVA (2x2) com *Post Hoc* de Bonferroni foi utilizado para indicadores de força, fadiga e dano muscular e o ANOVA (2x2) para indicadores de pressão arterial e lactato para verificar possíveis diferenças entre grupos divididos em grupos por idade. Para comparação da dor e percepção subjetiva de esforço OMNI Res o teste T de *student* foi feito. Para verificar o tamanho do efeito, utilizou-se o teste de Cohen  $f^2$ , além dos pontos de corte 0,02 a 0,15 com pequeno efeito, de 0,15 a 0,35 como mediana e maior que 0. Considerado estatisticamente significativo um  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Os resultados em relação ao pico de torque, índice de fadiga, assimetria anterior e assimetria posterior em relação ao pré e pós teste, após 24 horas e 48 horas após a intervenção nos métodos tradicional e Kaatsu estão representados na tabela 1 e a cinética dos indicadores nos vários testes estão descritos nos gráficos 1,2,3,4,5 e 6.

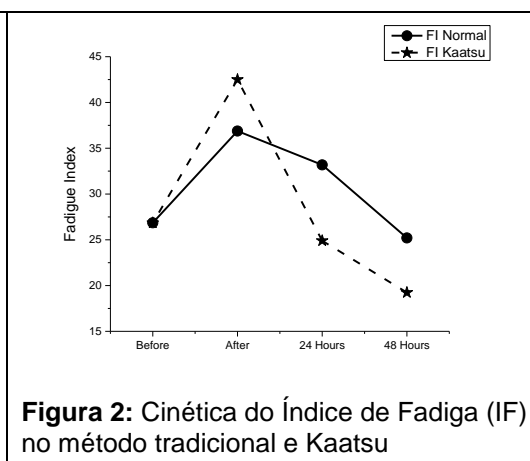
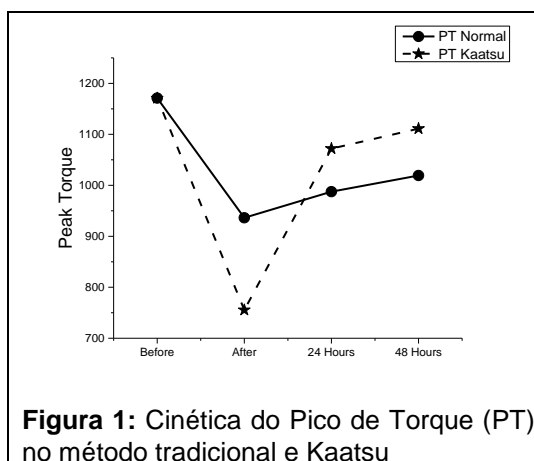
**Tabela 1:** Força (Pt), Fadiga (IF) e Assimetria Anterior (AssA) e Assimetria Posterior (AssP) (média  $\pm$  desvio padrão) após intervenção dos métodos tradicional e Kaatsu.

Ind/Mom	PT	IF	AssA	AssP
T Antes	1171,15 $\pm$ 97,18	26,86 $\pm$ 11,96	0,16 $\pm$ 0,18	0,18 $\pm$ 0,20
K Antes	1170,90 $\pm$ 161,76	26,85 $\pm$ 13,17	0,30 $\pm$ 0,13	0,18 $\pm$ 0,20
T Após	936,28 $\pm$ 171,14	36,88 $\pm$ 11,47*	0,19 $\pm$ 0,23	0,29 $\pm$ 0,16
K Após	755,38 $\pm$ 119,99*	42,50 $\pm$ 9,32*	0,28 $\pm$ 0,18	0,23 $\pm$ 0,11
T 24 H	987,57 $\pm$ 217,15	33,18 $\pm$ 15,23*	0,31 $\pm$ 0,30	0,30 $\pm$ 0,21
K 24 H	1071,94 $\pm$ 177,84	24,90 $\pm$ 8,45	0,31 $\pm$ 0,30	0,28 $\pm$ 0,18
T 48 H	1019,20 $\pm$ 151,56	25,20 $\pm$ 12,06	0,21 $\pm$ 0,22	0,29 $\pm$ 0,22
K 48 H	1111,24 $\pm$ 240,72	19,24 $\pm$ 7,88	0,22 $\pm$ 0,16	0,14 $\pm$ 0,13
<i>p</i>	0,007	0,002	0,873	0,056
<i>f</i> <sup>2</sup> de Cohen	0,357	0,306	0,048	0,028

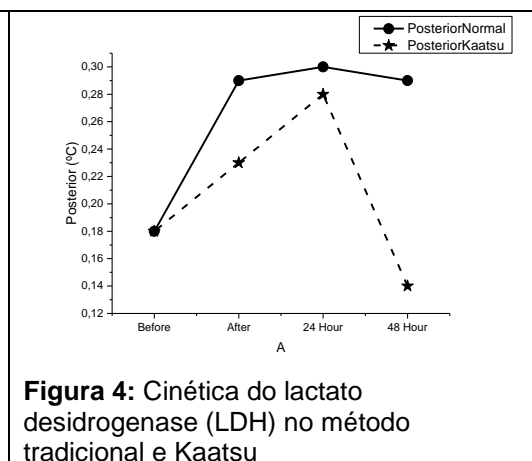
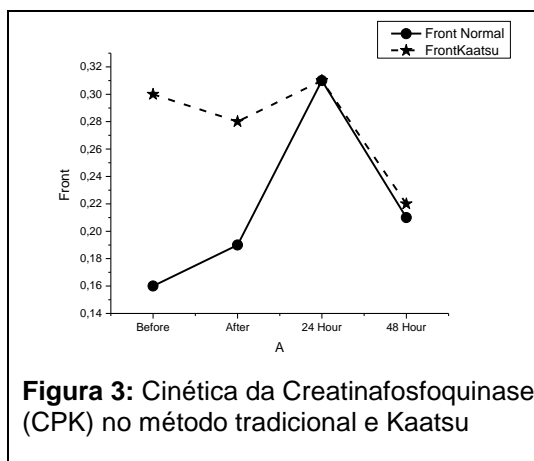
\* $p \leq 0,05$  (ANOVA two way e Post Hoc de Bonferroni).

T Antes – Método Tradicional Antes, T Após – Método Tradicional após intervenção, T 24 H – Método Tradicional 24 horas após, T 48 H – Método Tradicional 48 horas após, K Antes – Método Oclusão Kaatsu Antes, K Após – Método Oclusão Kaatsu após intervenção, K 24 H – Método Oclusão Kaatsu 24 horas após, K 48 H – Método Oclusão Kaatsu 48 horas após, PT – Pico de Torque, IF – Índice de Fadiga, AssA – Assimetria Anterior, AssP – Assimetria Posterior.

Nas figuras 1, 2, 3 e 4 verificamos o comportamento das variáveis do estudo realizado, nos membros inferiores.







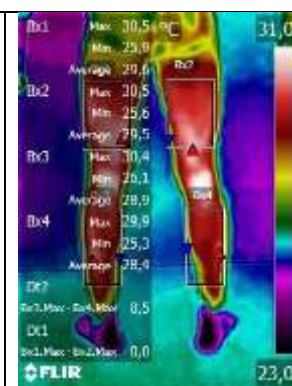
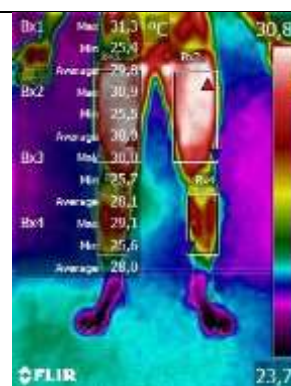
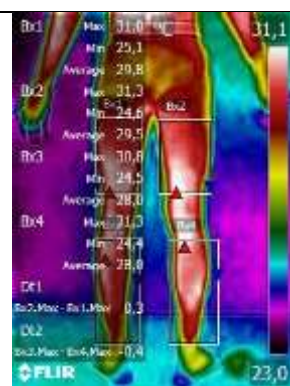
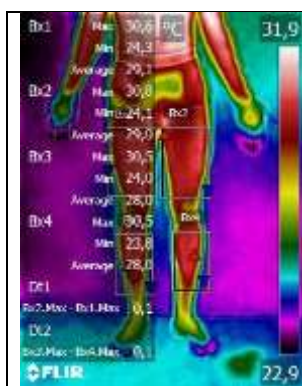
A Figura 1 mostra que imediatamente após a intervenção o método Kaatsu apresentou maior perda em termos de torque máximo, no entanto, sua recuperação foi melhor 24 e 48h após a intervenção com um PT mais elevado no método Kaatsu em relação ao método tradicional.

A Figura 2 mostra que logo após a intervenção o método Kaatsu apresentou maior fadiga, mas sua recuperação foi melhor nos períodos entre 24 e 48 horas após a intervenção com menor índice de fadiga no método Kaatsu em relação à tradicional.

A Figura 3 mostra que logo após a intervenção o método Kaatsu teve maior assimetria que após 24 horas e apresentou a mesma cinética do método tradicional.

A Figura 4 mostra que logo após a intervenção o método Kaatsu apresentou uma assimetria semelhante ao método tradicional, no entanto, em 48 horas o método Kaatsu apresentou uma assimetria inferior ao método tradicional.

Nas figuras 5 e 6 estão representados os termogramas do método tradicional, e 7 e 8 os termogramas do método Kaatsu.



## DISCUSSÃO

Os principais resultados encontrados neste estudo indicam que tanto o pico de torque quanto o índice de fadiga apresentaram-se significativamente diferentes no método Kaatsu quando comparados ao método tradicional após a intervenção, e um menor índice de fadiga foi notado nos sujeitos após 24 horas no método Kaatsu.

No momento que precedeu ao teste, os sujeitos apresentaram um PT superior a 1000Nm nos dois métodos, mas na avaliação pós teste e 24 horas após o treinamento, o método Kaatsu se comportou de forma diferente, com uma redução do PT em 31,81% aproximadamente, e uma rápida recuperação, com o retorno do PT para 96,75% do valor encontrado no pré teste, após 24h. Contra uma redução de 20,05% após o treinamento tradicional e recuperação de 84.32% do valor de pré teste.

O IF se comportou inversamente ao PT, isto é, à medida que o TP diminuiu, o IF foi maior e vice versa. Em relação ao treinamento tradicional, o IF aumentou 37,30% em relação ao pré teste e após 24 horas esse valor foi de 23,52%. Quanto ao método Kaatsu, o IF aumentou para 71,02% do valor inicial no pós teste e 0,2% do valor inicial após 24h.

O pico de torque está diretamente relacionado, dentre outros fatores, à ocorrência de fadiga (14) e alguns dos principais fatores atribuídos à fadiga muscular são o acúmulo de metabólitos e a redução do suprimento sanguíneo (hipóxia muscular). (15). Tais condições tão presentes na utilização do método Kaatsu em que a oclusão vascular causa restrição do fluxo sanguíneo. Essa isquemia faz com que as fibras de contração lenta fadiguem mais rápido e as fibras de contração rápida sejam recrutadas mesmo em exercícios de baixa intensidade. (16).

De acordo com os resultados desse estudo, Booth *et al.*, Presland *et al.* e Sahlin e Seger (17,18,19) identificaram em seus estudos o mesmo comportamento relacionado ao PT. Os resultados das pesquisas realizadas com o exercício em ciclismo mostraram que na ocorrência de fadiga o PT diminuiu nos músculos extensores do joelho, sofrendo uma queda de 20 a 30%.

A assimetria térmica contra lateral encontrada nos grupos pode ser considerada normal na vista anterior e posterior, de acordo com os níveis de atenção para assimetria propostos por Marins *et al.* (7). Os valores verificados no presente estudo foram  $0.31 \pm 0.30$  ° C na vista anterior e  $0.30 \pm 0.21$  ° C na vista posterior.

É importante observar que embora os valores de assimetria dos grupos tenham sido classificados como normais, observamos casos individuais de atletas com valores de assimetria na vista anterior de aproximadamente 1.0 ° C e 0.9 ° C para a vista posterior, o que caracteriza cuidados de prevenção (0.8 ° C - 1.0 ° C). De acordo com Marins *et al.* (7), é possível que haja assimetria da ordem de 0.4 ° C a 0.8 ° C, e mesmo assim, ser considerado normal.

Um outro ponto importante observado, foi que quanto maior a intensidade do exercício, maior foi a assimetria em virtude da intervenção, no entanto, a recuperação foi mais rápida e ainda não há descrição na literatura a respeito desse fato.

Dentre os metabólitos presentes na circulação sanguínea devido a prática do treinamento de força, a creatina quinase (CK) e o lactato desidrogenase (LDH) são os indicadores de maior especificidade no diagnóstico de lesão muscular. (20,21) No estudo apresentado, as concentrações de CK mostraram que esta alcançou seu pico em 24 horas em ambos os métodos, embora a recuperação tenha sido mais rápida no Kaatsu. Castro *et al.* (22) encontraram em seu estudo um resultado similar, no qual após uma única sessão de exercícios, a concentração de CK atingiu seu ápice 24 horas após o término do treinamento, relacionando o aumento dos níveis de CK com o dano muscular, principalmente quando as contrações excêntricas são envolvidas.

Quanto ao LDH, um comportamento semelhante ao do CK foi observado, em que após 24h atinge sua concentração máxima e sua elevação no método Kaatsu pode estar relacionada ao fato de que o método por meio da oclusão vascular, gera maior massa muscular e metabólica, além do fato de que maiores aumentos nas concentrações de LDH podem estar relacionados a exercícios de maior intensidade segundo Rose *et al.* (23)

## REFERÊNCIAS

1. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS. ACSM American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc.** 2002; 34:364–80.
2. Ahtiainen JP, Pakarinen A, Kraemer WJ, Hakkinen K. Acute hormonal and neuromuscular responses and recovery to forced vs maximum repetitions multiple resistance exercises. **Int J Sports Med.** 2003; 24:410–8.
3. American College of Sports Medicine (ACSM). Position stand. Progression models in resistant training for healthy adults. **Med Sci Sports Exerc.** 2002 34:2: 364-80.

4. Takada S, Okita K, Suga T. Blood Flow Restriction Exercise in Sprinters and Endurance Runners. **Med Sci Sports Exerc**, 2012; 111: 355-342.
5. Martin-Hernandez J, Marin PJ, Menendez H. Muscular adaptations after two diferente volumes of blood flow-restricted training. **Scand J Med Sci Sports** 2013; 23: 114–120.
6. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors** 2010; 10, 4700-4715.
7. Marins JCB, Fernández-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Applications of Infrared Thermography in Sports. A Review. **Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte**, 2015; 15 (60), 805-824.
8. Bento PCB, Pereira G, Ugrinowitsch C, Rodacki ALF. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. **Clinical Biomechanics** 2010, 25: 450–454.
9. Fernández-Cuevas I, Marins JCB, Arnáiz-Lastras J, Gómez-Carmona PM, Piñonosa-Cano S. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: a review. **Infrared Phys Technol**. 2015; 28–55.
10. Steketee J. Spectral emissivity of skin and pericardium. **Physics in Medicine and Biology**. 1973; 18 (5), 686-94.
11. Costa CM, Sillero-Quintana M, Piñonosa-Cano S, Moreira DG, Brito CJ, Fernandes AA. Oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. **J R Army Med Corps**. 2015; 36-312-316.
12. Baechle RT, Earle RW. Essentials of Strength Training and Conditioning, Human Kinetics, Champaign, Ill, USA, 2000. Meyer RA. Does blood flow restriction enhance hypertrophic signaling in skeletal muscle? **J Appl Physiol**. 2006; 100(5):1443–4.
13. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. **Bri J Nutr** 1978; 40:497-504.
14. Duarte J, Soares J. Etiologia da Fadiga Muscular. Alguns factores condicionantes. **Revista Portuguesa de Medicina Desportiva**, Porto. 1991; v. 9, p. 165- 174.
15. Tanimoto M, Madarame H, Ishii N. Muscle oxygenation and plasma growth hormone concentration during and after resistance exercise: Comparison between “KAATSU” and other types of regimen. **Int J Kaatsu Training Res**. 2005; 1: 51–56.
16. Meyer RA. Does blood flow restriction enhance hypertrophic signaling in skeletal muscle? **J Appl Physiol**. 2006; 100(5):1443–4.
17. Booth J, McKenna MJ, Ruell PA, Gwinn TH, Davis GM, Thompson MW, Harmer AR, Hunter SK, Sutton JR. Impaired calcium pump function does not slow relaxation in human skeletal muscle after prolonged exercise. **Journal of applied physiology**, Washington. 1997; v. 83, p. 511–521.
18. Presland JD, Dowson MN, Cairns SP. Changes of motor drive, cortical arousal and perceived exertion following prolonged cycling to exhaustion. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin. 2005; .v. 95, p. 42–51.
19. Sahlin K, Seger JY. Effects of prolonged exercise on the contractile properties of human quadriceps muscle. **Journal of Applied Physiology**, Washington. 1995; v. 71, p.180-186.

20. Babbistella MF. Atividade sérica das enzimas aspartato aminotransferase, creatina quinase e lactato desidrogenase em equinos submetidos a diferentes intensidades de exercícios. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**. 2009; Vol. XII, n.13, p.33-42.
21. González FHD, Silva SC. Perfil Bioquímico no Exercício. In: **Introdução à Bioquímica Clínica Veterinária**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.
22. Castro APA, Vianna JM, Damasceno VO, Matos DG, Mazini Filho ML, Reis VMM. Muscle recovery after a session of resistance training monitored through serum creatine kinase. *JEPonline*. 2011;14(5):38-45.
23. Rose RJ, Allen JR, Hodgson DR, Stewart JH, Chan W. Responses to submaximal treadmill exercise and training in the horse: Changes in haematology, arterial blood gas and acid base measurements, plasma biochemical values and heart rate. **Veterinary Record**. 1983;113(26-27):612-618.

## CONCLUSÃO GERAL

Diante dos resultados apresentados, e considerando os objetivos traçados inicialmente, concluiu-se que uma sessão com o método de treinamento Kaatsu (com oclusão vascular) promoveu, em relação ao treinamento tradicional, maior dano muscular, em especial nos níveis de concentração da creatina fosfoquinase (CPK) e o lactato desidrogenase (LDH).

O treinamento Kaatsu apresentou também elevação nos níveis de lactato pós exercício, além de ter apresentado maiores valores de índice de fadiga, percepção de dor e frequência cardíaca e menor pico de torque. Quanto as imagens termográficas, notou-se que em ambos os tipos de treinamento, a assimetria encontrada pode ser considerada normal, a partir de parâmetros já descritos na literatura.

A aplicação desse método de treinamento pode ser uma alternativa interessante no que diz respeito a prescrição do exercício, visto que por meio deste, pode-se atingir uma alta intensidade de treino sem grande sobrecarga estrutural, o que torna o método elegível quando se objetiva, por exemplo, evitar sobrecarga em estruturas como ligamentos, tendões e cartilagem.

Considerando os diferentes delineamentos metodológicos possíveis, é necessário a realização de novos estudos que investiguem as respostas desses tipos de treinamento no que diz respeito ao comportamento das variáveis estudadas e outras, a fim de expressar dados conclusivos a respeito do dano muscular induzido pelo treinamento de força. Assim, a intervenção poderá ser melhor orientada de modo a tornar viável, eficaz e segura aos seus praticantes.

## ANEXO A



Na qualidade de diretor da Revista Motricidade, declaro que o trabalho intitulado "Análise do dano muscular, fadiga e pico de torque no treino tradicional e com oclusão", com os autores Natalie de Almeida Barros, Felipe J Aida, Albená Nunes da Silva, Raphael Fabricio de Souza, Alan Santos de Oliveira, Luana Mendonça Cercato, Dihogo de Matos Gama, Victor Machado Reis, Nuno Domingos Garrido, Enilton Aparecido Camargo, foi aceite para publicação na revista Motricidade. Será publicado no Volume 13, Suplemento Número 1 de 2017, e atribuído o DOI 10.6067/motricidade.7178<sup>1</sup>.

Por ser verdade e me ter sido pedida passei esta declaração.

Ribeira de Pena, 05 de Dezembro de 2016

Diretor da Motricidade

(Prof. Doutor Nuno Garrido)

Para confirmação da veracidade desta carta, para os devidos efeitos utilize o seguinte endereço de email:  
director@revistamotricidade.com

<sup>1</sup> Este DOI não foi atribuído ainda. Qualquer procura não vai devolver atribuição. A submissão do DOI é realizada aquando da publicação apenas, contudo a referência ao DOI será a mesma.

**motricidade**  
a 11<sup>a</sup> edição em 2017

Available in <http://revistas.rcaap.pt/motricidade/index>

Indexed in ISI Web of Knowledge/Scielo Citation Index (Thomson Reuters), Elsevier (SCOPUS, EMCare), SCImago (SJR: Medicine, Health Professions), PsycINFO, Index Copernicus, Scielo, CABI, Qualis, SPORTDiscus, EBSCO, CINAHL, Proquest, DOAJ, Rodalya, Latindex, Gale/Cengage Learning, SIIC Databases, BVS ePORTUGUESA, SHERPA/ReMeO, OCLC, Hinari/WHO, Swiss Information Services

## ANEXO B

Artigo publicado (primeiras páginas)

1



**Journal of Exercise Physiology**online

February 2017  
Volume 20 Number 1

---

Official Research Journal of  
the American Society of  
Exercise Physiologists

ISSN 1097-9751

**JEPonline**

---

**Comparison of Traditional Strength Training  
and Kaatsu Strength Training on Thermal  
Asymmetry, Fatigue Rate, and Peak Torque**

Natalie de Almeida Barros<sup>1,2</sup>, Felipe J Aida<sup>1,2,3</sup>, Dihogo Gama de Matos<sup>3,6</sup>, Heleno Almeida Junior<sup>1,2</sup>, Sabrina Mondadori Boaretto<sup>2,3</sup>, Raphael Fabricio de Souza<sup>1,2,3,4</sup>, Alan Santos Oliveira<sup>5</sup>, Luana Mendonça Cercato<sup>5</sup>, Enilton Aparecido Camargo<sup>5,7</sup>, Afrânio de Andrade Bastos<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education, <sup>2</sup>Graduate Program in Master's level in Physical Education, Federal University of Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brazil, <sup>3</sup>Group of Studies and Research of Performance, Sport, Health and Paralympic Sports - GEPEPS, the Federal University of Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brazil, <sup>4</sup>Racing Club at the Federal University of Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brazil, <sup>5</sup>Department of Physiology and Pharmacology Inflammatory Process, Federal University of Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brazil, <sup>6</sup>Department of Sports Science, Exercise and Health of the Trás-os-Montes e Alto Douro University, Vila Real, Portugal, <sup>7</sup>Nucleus of Research and Health Care of the Worker, Federal University of Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe, Brazil

---

**ABSTRACT**

**Barros NA, Aida FJ, Matos DG, Junior, HA, Boaretto, SM, Souza RF, Oliveira AS, Cercato LM, Camargo EA, Bastos, AA.** Comparison of Traditional Strength Training and Kaatsu Strength Training on Thermal Asymmetry, Fatigue Rate, and Peak Torque. **JEPonline** 2017;20(1):1-12. The aim of this study was to compare variables related to asymmetry, peak torque, and fatigue index in the Traditional strength training method and the Kaatsu strength training method, which is a blood flow restriction training strategy. Ten male subjects with a minimum of 12 months' experience in strength training participated in this study. It was found that while the Kaatsu



method resulted in a greater loss of peak torque, its recovery was better at 24 and 48 hrs after the intervention with a higher peak torque peak versus the Traditional method. In addition, it was found that soon after the intervention, the Kaatsu method had a higher fatigue index and a greater asymmetry versus the Traditional method. The findings indicate that the Kaatsu training method promoted an increase in the concentration levels of CK, LDH, and lactate besides presenting higher values of fatigue index, and peak torque.

**Key Words:** Kaatsu Training, Strength Training, Fatigue Index, Peak Torque, Heart Rate

---

## INTRODUCTION

Although strength training has been used as a primary means to physical conditioning (14), there are several types of data treatment and methods used as a form of potentiation in response to resistance exercises on muscle strength and fatigue (1). In fact, as an alternative to traditional ST practice in which the exercises are carried out with an average load of 70% of 1RM (2), Takada et al. (22) have highlighted the Kaatsu method that was created by the Japanese Yoshiaki Sato in the 1980s. The method consists of exercises with 20% of 1RM associated with partial vascular occlusion of the exercised limb. The force gain in both the traditional method and the Kaatsu method tends to be similar (18).

On the other hand, some studies using thermography have been used to verify local skin temperature, which tends to be similar between the sides of the body and the possible thermal asymmetries associated with physiological and structural abnormalities in athletes (12). Thus, it was proposed by Marins et al. (15) that a level of attention based on local skin temperature differences obtained between contralateral copradial study regions, namely:

- (a) **Normal:** asymmetries  $\leq 0.4^{\circ}\text{C}$ ;
- (b) **Monitoring:** asymmetries  $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ , where it is advisable to reassess and verify if there is influence of some external factor;
- (c) **Prevention:** values between  $0.8^{\circ}\text{C}$  and  $1.0^{\circ}\text{C}$ , where it is recommended a reduction in the load or even a suspension of the training, and medical and/or physiotherapeutic evaluation;
- (d) **Alarm:** values between  $1.1^{\circ}\text{C}$  and  $1.5^{\circ}\text{C}$ , immediate suspension of training and/or medical or physiotherapeutic evaluation; and
- (e) **Severity:** asymmetries  $\geq 1.6^{\circ}\text{C}$ , thus suggesting an asymmetry with a pathological characteristic or an important lesion with the recommendation of medical and/or physiotherapeutic evaluation.

Therefore, considering the scarce number of studies investigating the variables related to asymmetry, peak torque, and fatigue index, the purpose of this study was to verify, compare, and analyze these variables.

## METHODS

### Subjects

Sixteen subjects initially participated in this study. Ten subjects were males with a minimum of 12 months of experience in the practice of recreational strength training. The subjects' age was 18 to 25 yrs ( $22.50 \pm 2.84$ ), height was  $1.77 \pm 0.05$  m, weight was  $75.45 \pm 6.86$  kg, and fat percentage was  $14.45 \pm 3.36\%$ ; all of which were submitted to two strength training methods. The first was the occlusion method (Kaatsu). The second method was the Traditional method. All subjects participated in the data collection process that was defined by a lottery for each test performed.

Subjects using illicit ergogenic supplements or who were involved in any method of losing or gaining fast weight before and/or during the intervention were excluded from the sample, given that such a practice may influence the physical performance. Participation in the study was subject to medical authorization, and only clinically healthy subjects were accepted.

All subjects were submitted to four familiarization and test sessions with a minimum rest interval between sessions of 72 hrs. All questions regarding the study were clarified, and each subject was requested to sign an authorization form in accordance with resolution 466/2012 of the National Commission of Ethics in Research - CONEP, National Health Council, in accordance with ethical principles Expressed in the Declaration of Helsinki (1964, restated in 1975, 1983, 1989, 1996, 2000, and 2008) of the World Medical Association.

### Strength Training Equipment

The equipment used in the tests was the Leg Press 45° (Physicus, Brazil). Determination of the rest between the series was made by a chronometer of the mark Cassio, model HS 50 W (Cássio, Japan). A metronome of the Willner brand (Isny, Germany) was used to determine the time during in the concentric and eccentric phases of the movements. For vascular occlusion, a pneumatic tourniquet was used for hemostasis in the extremities of the classic type – the Riester brand (Riester, Germany).

### Measures of Force

To measure muscle strength Peak Torque and Fatigue Rate, a Kratos load cell (model CZC500, Kratos, Brazil) was fixed to the Leg Press 45° apparatus, using the Spider HMS Simond carabiners (Chamonix, France) with a rupture card of 21 KN, which was approved for climbing by the International Climbing and Mountaineering Federation (UIAA) (8). A steel chain with dimensions of 10 X 35 X 30 mm with a rupture load of 2,300 kg was used to fix the force cell to the apparatus. The perpendicular distance between the load cell and the center of the joint was determined and used to calculate joint torques and fatigue index adapted from the procedure performed by Bento et al. (5).

### Thermographic Image Capture

The thermographic imaging was performed in a prepared room without natural light (using artificial fluorescent lamps) with no airflow directed to the collection site. Ambient temperature conditions were maintained via an air conditioner that was monitored by a Thermo-Hikari HTH-240 Digital Hygrometer (Hikari, China) to keep the temperature around 24°C and the relative humidity around 50% (10). The subjects were instructed not to engage in vigorous



physical activity during the previous 24 hrs, not to consume alcohol or caffeine, or to use any types of cream or lotions on the skin 8 hrs before the evaluation.

To obtain the thermograms, the subjects were required to remain standing without making any sudden movements. The subjects were asked not to cross their arms, and they did not scratch for a period of at least 10 min for acclimatization (15). The images were captured by the camera (Flir System Inc. Model C2, Sweden) with a resolution of 80 x 60 pixels at a distance of 1.5 m with emissivity set at 0.98 (21). The images captured before training, shortly after 24 hrs, and 48 hrs after training were analyzed using the software (FLIR Tools - version 5.4.15351.1001). The body region of interest was the thigh that was specifically 5 cm above the superior border of the patella and the inguinal line, and in the leg it was 5 cm below the inferior border of the patella and 10 cm above the malleolus in the anterior and posterior view (8).

#### **Evaluators and Load Adjustment**

The evaluators were submitted to four familiarization sessions prior to the test. Two sessions were used to determine the load, and two sessions were used to familiarize the subjects with the training methods. The samples were collected between 13:00 and 18:00 hrs, according to the subjects' availability.

The activities were composed of a 10 to 15 min warm-up with ~50% of the 10 RM load, which was composed of two series of 15 to 20 repetitions of the leg press exercise at 45° of the brand Physicus (Physicus, Brazil). For the 10RM test, the subjects performed 3 sets of 8 to 12 repetitions (14).

The subjects were instructed not to block their breathing during the exercises. The load adjustment occurred at the moment when the subjects reported conditions to comfortably perform the determined repetitions. In all cases, the recovery interval between the series and the exercises was 90 sec. The interval that was controlled by the subjects with the help of two evaluators used two Cassio chronometers (Model HS 50 W, Cassio, Japan). At the end of the exercise, the interval was started that informed the evaluators in the interval of 30 in 30 sec and in the final 10 sec for the preparation for the next series. The room temperature was checked at 22 to 25°C and the relative air humidity was at 50 and 70% before the start of the exercise (method), and after performing the 4 sets of 8 to 12 (3 X 8 - 12 RM). To measure the temperature, a Hikari HTH-240 Digital Thermo-Hygrometer was used (Hikari, China).

#### **Load Determination**

The 1RM test was performed with each subject starting the trials with a weight consistent with being lifted once using maximum effort. Then, weight increments were added until the maximum load was lifted once. If the subject could not perform a single repetition, 2.4 to 2.5% of the load would be subtracted (14). Then, the subjects rested for 3 to 5 min between attempts. All subjects underwent two sessions of 1RM tests with the interval of 48 to 72 hrs between each session to evaluate muscle strength.

The test was preceded by a series of heating (10 to 12 replicates) with approximately 50% of the load used on the first attempt of each 1RM test. Testing was started 2 min after heating. Therefore, the load recorded was 10RM that the individual completed after 10 replicates. The transition interval between exercises was 3 to 5 min.